



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

VZNIK A VÝVOJ LETOUNU B-737

THE GENESIS AND DEVELOPMENT OF THE B-737

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ HABRNAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ CHLEBEK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lukáš Habrnal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vznik a vývoj letounu B-737

V anglickém jazyce:

The genesis and development of the B-737

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Téma je zaměřeno na zpracování podkladů pro prezentaci stručné a přehledné historie vývoje jednotlivých variant letounu Boeing B-737. Tento typ je jedním z nejrozšířenějších v celosvětovém měřítku a zastává významnou pozici v historii letectví.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je zpracovat daný typ ve formě multimediální prezentace, s maximálním využitím obrazových a zvukových záznamů zaměřených na jednotlivé jeho varianty, seznamující s vývojem letadlové techniky a její konstrukce, leteckého provozu a to včetně jeho technického zabezpečení.

Seznam odborné literatury:

- [1] STREJČEK, J., Pešková, M., Prokop, M., Vlasák, V. (1979). Léta létání
- [2] NĚMEČEK, V., Civilní letadla 2, vyd. NADAS, Praha 1981
- [3] Jane's all the world's aircraft 2007-2008 / Coulsdon: Jane's Information Group Limited, 2007 ISBN 0-7106-2792-0

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Chlebek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 23.11.2012

L.S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan Fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá vznikem a vývojem dopravního letounu B-737. Popisuje historické pozadí a souvislosti vzniku, posléze vývoj jednotlivých generací tohoto letounu. Každé generaci je věnována samostatná kapitola, která obsahuje chronologický výčet všech jejích typů, jejich stručný popis a odlišnosti od předchůdců. Krátká kapitola je věnována stručnému vývoji technického odbavení letounů. Závěr obsahuje stručnou rekapitulaci spolu s hodnocením, proč se B-737 stal nejprodávanějším proudovým letounem v historii civilního letectví.

ABSTRACT

The present bachelor thesis deals with the genesis and development of the jet airliner B-737. It describes the historical background and context of the creation, subsequently it describes development of different generations of the airplane. Each generation is discussed in separate chapter which includes chronological list of all its types, their brief description and it states differences from their predecessors. A short chapter is dedicated to brief development of technical handling. The conclusion consists of concise recapitulation together with an assessment why B-737 has become one of the best-selling jet aircraft in the history of civil aviation.

KLÍČOVÁ SLOVA

dopravní letoun, proudový letoun, jednouličkový letoun, letoun pro krátké a střední vzdálenosti, Boeing, Original, Classic, Next Generation, MAX, Boeing Business Jet, 737

KEY WORDS

airliner, jet airliner, single-aisle airliner, short- to medium-range airliner, Boeing, Original, Classic, Next Generation, MAX, Boeing Business Jet, 737

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HABRNAL, L. *Vznik a vývoj letounu B-737*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 66 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Chlebek, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vznik a vývoj letounu B-737 vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 22. května 2013

.....

Lukáš Habrnal

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Chlebkovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady při zpracování daného tématu, dále své rodině, přátelům a členům oddílu stolního tenisu TJ Slezan Frýdek-Místek za příkladnou podporu během studia.

OBSAH

| | |
|--|----|
| ÚVOD | 9 |
| 1. HISTORICKÉ POZADÍ VZNIKU B-737 | 10 |
| 1.1. Vznik a stručná historie společnosti Boeing | 10 |
| 1.2. Dvouproudové motory | 12 |
| 1.3. Předchůdci B-737 | 13 |
| 1.3.1. 707 | 13 |
| 1.3.2. 720 | 15 |
| 1.3.3. 727 | 16 |
| 2. PRVNÍ GENERACE 737 – ORIGINAL | 18 |
| 2.1. 737-100 | 18 |
| 2.2. 737-200 | 20 |
| 3. DRUHÁ GENERACE 737 – CLASSIC | 23 |
| 3.1. 737-300 | 23 |
| 3.2. 737-400 | 26 |
| 3.3. 737-500 | 27 |
| 4. TŘETÍ GENERACE 737 – NEXT GENERATION | 28 |
| 4.1. 737-700 | 28 |
| 4.2. 737-800 | 31 |
| 4.3. 737-600 | 33 |
| 4.4. 737-900 | 34 |
| 5. ČTVRTÁ GENERACE 737 – MAX | 35 |
| 6. VÝVOJ LETIŠTNÍ TECHNIKY PRO ODBAVENÍ LETOUNU | 37 |
| 7. ZÁVĚR | 40 |
| 8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 41 |
| 9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK | 47 |
| 10. SEZNAM PŘÍLOH | 49 |
| 11. PŘÍLOHY | 50 |

ÚVOD

Dopravní letectví, stejně jako celé odvětví leteckého průmyslu, urazilo od prvního motorového letounu bratří Wrightů do současnosti dlouhou cestu. Začalo odzbrojenými válečnými bombardéry s pístovými motory, opatřenými sedadly pro pár odvážných pasažérů, které byly schopny pouze relativně krátkého doletu a nepříliš vysokých rychlostí. Bouřlivým vývojem, značně urychleným druhou světovou válkou a armádním výzkumem, se dopravní letouny dostaly k turbovrtulovým, proudovým a dvouproudovým motorům, lehčím a odolnějším materiálům, aerodynamičtějším tvarům a novým systémům ovládání a řízení. Díky kombinaci těchto aspektů (a mnohých dalších) se dopravní letouny dostaly na úroveň, kdy jsou schopny přeletět oceán rychlostí přes 900 km/h a při tom pojmout stovky cestujících. To vše na vysoké úrovni bezpečnosti a výhodných ekonomických podmínek.

Tento vývoj s sebou nesl velké množství výrobců dopravních letounů a ještě větší počet jednotlivých typů. Některé letouny byly neúspěšné, některé úspěšné pouze v krátkém časovém horizontu, protože nestíhaly krok s celkovým vývojem a konkurencí. Někteří výrobci si však vybudovali natolik silnou pozici, že dokázali zkonstruovat letouny, které se úspěšně vyrábějí s různými inovacemi desítky let.

Cílem této bakalářské práce je zaměřit se na jeden z nejúspěšnějších dopravních letounů v historii a připravit podklady pro multimediální prezentaci mapující jeho vývoj. Dvumotorový, proudový, jednouličkový letoun s krátkým až středním doletem. Nejrozšířenější dopravní letoun na světě. Model 737 americké firmy Boeing.

Práce je strukturovaná chronologicky. Začíná představením Boeingu jako firmy a jeho stručnou historií. Krátká část je věnována principu činnosti a důležitosti dvouproudého motoru. Poté následují přímí předchůdci 737, bez kterých by tento typ pravděpodobně nevznikl v takové podobě, v jaké ho známe. Jedná se o Boeingsy 707, 720 a 727. Samotný B-737 je rozčleněn do kapitol podle čtyř základních generačních skupin – Original (typy -100, -200), Classic (-300, -400, -500), Next Generation (-600, -700, -800, -900) a nastupující MAX (-7, -8, -9). Samostatná kapitola se zabývá stručným vývojem letištní techniky pro odbavení letounů.

1. Historické pozadí vzniku B-737

[3]

Než spatřil světlo světa první letoun Boeingu s typovým označením 737, bylo třeba počkat na vynálezy a konstrukční řešení, jež přinesli stavitelé letadel v dobách před ním. Období po první světové válce bylo především pod taktovkou konstruktérů z Německa Junkerse, Fokkera a Dorniera. Ve Spojených státech se masivní zájem o leteckou dopravu projevil až po přeletu Charlese Lindbergha přes Atlantský oceán v roce 1927. Konkurenční boj mezi americkými výrobci letadel zapříčinil dohnání a předechnání Evropy ve vývoji i počtu přepravovaných cestujících. V této době se do podvědomí lidí dostaly například firmy Boeing, Douglas, Lockheed, jejichž stroje létají dodnes. Až do druhé světové války se evropští konstruktéři snažili dostihnout své americké kolegy. Z ekonomických důvodů bylo cílem zvyšovat přepravní kapacitu, dolet, dostup a rychlost. Za druhé světové války byly dopravní letouny předělávány pro přepravu vojáků a vojenského materiálu. Po válce se na mezinárodní scéně začaly prosazovat i stroje ruské výroby Iljušin a Tupolev. Druhá světová válka také přinesla velice důležitou věc, a sice první proudové motory, které postupně vytlačily motory pístové.

1.1. Vznik a stručná historie společnosti Boeing [6], [7], [8]

Nejzákladnějším krokem ke vzniku modelu 737 bylo samotné založení společnosti Boeing. To provedl William Edward Boeing (1881-1956) během první světové války. Původně studoval na Yale, ale školu nedokončil. Poté začal podnikat v dřevařském průmyslu. Díky tomuto odvětví zbohatnul a naučil se stavět dřevěné konstrukce, což později využil u konstruování letadel. Roku 1916 sestavil v Seattlu ve státu Washington své první letadlo B&W Seaplane. Měsíc po prvním letu hydroplánu, přesně 15. července 1916, založil Pacific Aero Products Co. O necelý rok později společnost přejmenoval na Boeing Airplane Company. Boeing díky svému inovativnímu přístupu získal mnoho prvenství a stal se výrobcem určujícím trendy v civilním letectví. Důkazem je Boeing 247 (viz obr.1) pro 10 cestujících jakožto první moderní dopravní letoun vybaven gyroskopy pro přístrojovou navigaci, autopilotem, pneumatickým odstraňováním námrazy, stavitelnou vrtulí a zatahovacím podvozkem. Dalším milníkem byl typ 307 Stratoliner (viz obr.2). První dopravní letadlo s přetlakovou kabinou, jež dovozovala let ve větších výškách. Tudíž menší spotřebu a menší závislost na počasí. Tyto stroje Boeing vyslal do světa ve 30. letech 20. století.

Společnost nesázela pouze na dopravní sféru, ale vyvíjela také bojová letadla. Během druhé světové války se osvědčily především bombardéry B-17 Flying Fortress a B-29 Superfortress. Z posledního jmenovaného po válce vznikl dvoupalubní dopravní letoun Model 377 Stratocruiser. Poté již pomalu nastupovala éra proudových motorů. V roce 1947 poprvé vzlétl bombardér B-47 Stratojet. Další revoluční letoun, který díky šípovitému křídlu dokázal využít potenciálu proudových motorů. O 5 let později se do vzduchu dostal prototyp legendárního bombardéru B-52 Stratofortress. Letoun, který je v aktivní vojenské službě dodnes, s vyhlídkami do roku 2045.

S dalším vývojem proudových motorů Boeing vyrobil první americký dopravní letoun s tímto pohonem. Jednalo se o průlomový B-707. Letoun naprosto odlišný od svých předchůdců, který se stal vzorem pro své následovníky, poprvé vzlétl 15. června 1954. Roku 1956 zemřel zakladatel William Boeing. Jeho firma však pokračovala v nastoleném trendu a chrlila neustále nové typy dopravních proudových letadel. Po 707 následovala 720, 727 a v roce 1967 konečně 737. O rok později způsobil Boeing další revoluci v civilním letectví, když do světa vypustil obří 747 zvaný Jumbo Jet. Mezitím postupně vznikaly další dopravní stroje z rodiny 7x7. Byly to typy 757, 767, 777 a nakonec „dnešní“ 787 Dreamliner. Takto vytvořil flotilu dopravních letounů, s níž pokryl široké spektrum požadavků leteckých dopravců. Jedině nadzvukový dopravní letoun se mu nepodařilo postavit, jelikož vývoj typu 2707 byl kvůli nedostatku financí zastaven. Budoucnost na Concordu stejně ukázala, že nadzvuková doprava byla sice prestižní, ale nerentabilní.

Kromě vývoje a výroby nových dopravních letadel se Boeing také aktivně zapojil do vesmírného výzkumu v rámci projektů Apollo, raketoplánů či Mezinárodní vesmírné stanice (ISS). Nezahálela ani vojenská část Boeingu. Z nejznámějších počínů lze jmenovat „neviditelný“ bombardér B-2 Spirit, konvertoplán V-22 Osprey, ve spolupráci s Lockheedem vytvořenou stíhačku F-22 Raptor či letouny systému včasné výstrahy AWACS (založené na 707). V roce 1996 Boeing pohltil svého konkurenta McDonnell Douglas, čímž si přivlastnil jeho úspěšné bojové i dopravní letouny. Nové milénium přineslo Boeingu stěhování. Z ekonomicko-geografických důvodů po 86 letech opustil Seattle a za své nové sídlo zvolil Chicago. Dnes na poli dopravních letounů svádí tuhý boj o prvenství s evropským koncernem Airbus.



Obr. 1: Boeing Model 247 [55]



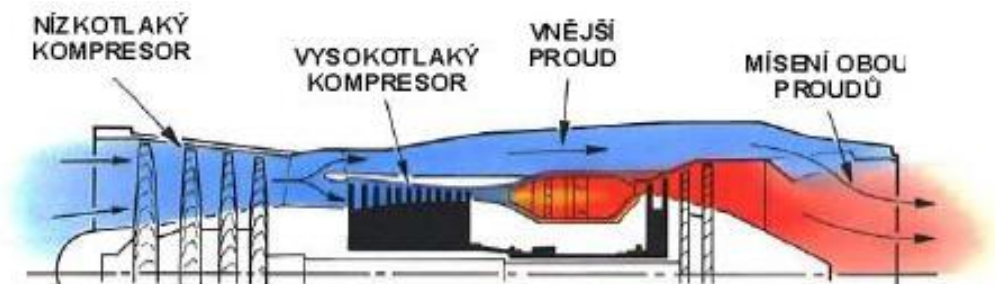
Obr. 2: Boeing 307 Stratoliner [56]

1.2. Dvouproudové motory

[1], [9], [10]

Dalším důležitým krokem vedoucím k B-737 byl vynález dvouproudového (nebo také turbodmychadlového) motoru. Jednouproudové motory otevřely letectví nové obzory. Bylo však třeba, aby byly i ekonomicky výhodnější než nejvyspělejší pístové stroje. Hlavním požadavkem bylo navýšení tahu motorů. Ten se dá jednoduše spočítat jako součin hmotnosti vzduchu urychleného motorem a rozdílu rychlostí vzduchu za motorem a před ním. Pístové motory urychlují velké množství vzduchu, ale o malém rozdílu rychlostí. Naopak výstupní rychlost z proudového motoru je oproti vstupní vysoká, avšak množství vzduchu malé. Vojenský vývoj zvyšování tahu šel cestou vyšších kompresních poměrů a teplot plynů. Vysoké teploty ovšem snižovaly životnost motorů, což bylo pro civilní letectví nemyslitelné. Byl tedy vymyšlen dvouproudový motor, jenž kombinoval velké množství urychleného vzduchu z pístových motorů s velkým rozdílem rychlostí motoru proudového.

Motor funguje na principu zvýšení množství vzduchu protékajícího proudovým motorem. Na vstupu do motoru je nízkotlaký kompresor. Ten stlačí vzduch, který je potom rozdělen do dvou proudů. První jde do jádra motoru, kde je znova stlačen vysokotlakým kompresorem a zažehnut ve spalovací komoře, ze které tryská ven. Druhý proud vzduchu obtéká jádro a je urychlen ve výstupní trysce. Za ní se spojí s proudem ze spalovací komory a společně vytvářejí tah. Poměr vzduchu tekoucího okolo motoru ku množství prohnatého spalovací komorou se nazývá obtokový poměr. Dnešní dopravní letadla používají motory s obtokovým poměrem až 8:1. Princip turbodmychadlového motoru je schematicky naznačen na obrázku 3.



Obr. 3: Schéma dvouproudového motoru [9]

Jako první začal dvouproudové motory sériově vyrábět britský Rolls-Royce. Dostaly jméno Conway a byly použity u bombardérů Handley Page Victor. Objednaly si je také Boeing a Douglas z USA. Rolls-Royce se snažil rychle dohnat amerického výrobce motorů Pratt & Whitney s typem JT3D-1. Hlavními výhodami dvouproudového motoru je vysoký tah, nižší spotřeba paliva, nižší teplota výstupních plynů a menší hlučnost. Díky tomu se mohly zvýšit vzletové hmotnosti a dolety letounů. Dvouproudové motory zajistily plnohodnotné využití proudových motorů v civilním sektoru.

1.3. Předchůdci B-737

Než na ranvej v Seattlu poprvé vyroloval typ 737, měl Boeing dlouholeté zkušenosti s výrobou civilních dopravních letadel. V této části se stručně seznámíme s letouny, jejichž konstrukčních řešení 737 využívala, a bez kterých by s nejvyšší pravděpodobností nedosáhla svých prodejních úspěchů.

1.3.1. B-707

[1], [11], [12], [13]

Na začátku 50. let se Boeing rozhodl vyvinout proudový dopravní letoun se šípovitým křídlem, jenž poprvé využil u bombardéru B-47. Do vývoje investoval 16 milionů dolarů a 14. května 1954 se na svůj první let vydal prototyp označený 367-80. Mezi zaměstnanci Boeingu přezdívaný Dash 80. Jednalo se o čtyřmotorový letoun se šípem křídla 35°. Tah zajišťovaly proudové motory Pratt & Whitney JT3 zavěšené v gondolách pod křídlem. Tento koncept nastolil klasickou konfiguraci pro následující dopravní letouny. Šípovité křídlo a rychlý drak totiž dovolily využívat výhody proudových motorů. Zavěšení motorů pod křídly přineslo rovnoměrné zatížení křídel, menší hluk v kabině a také snadný přístup ze země při údržbě. Z Dashe 80 vznikl vojenský tankovací KC-135 Stratotanker a civilní 707. Jako první si 707 objednala Pan American v roce 1955, čímž spustila lavinu objednávek i od ostatních dopravních společností. Kvůli rozličným nárokům dopravců na stroj Boeing zavedl nové číslování modelů. Za označení 707 přidal trojčíslí charakterizující model s podobnými základními znaky jako rozměry, motory atd. Poslední dvě cifry značily velké odběratele, kterým je stroj určen.

Základní verze byly 707-120, 707-220 a 707-320. Boeing 707-120 byl nejpodobnější prototypu. Dokázal pojmout až 179 cestujících při cestovní rychlosti

918 km/h a doletu 4949 km. Byl používán na kontinentálních linkách s výjimkou Pan American, která jej posílala přes oceán. Ovšem s nutným mezipřistáním. 707-220 rozměrově odpovídal 120, ale byl vybaven silnějšími motory. Byl totiž vyvinut speciálně pro společnost Braniff, která většinou létala v Jižní Americe, kde jsou letiště ve vyšších nadmořských výškách. Verze 707-320 Intercontinental měla mírně prodloužený trup a zvětšenou nosnou plochu křidel. Díky tomu mohl tento letoun přepravit až 189 cestujících přes Atlantický oceán bez mezipřistání. Sériová výroba dvouproudových motorů dala vzniknout verzi 707-420. Ve skutečnosti se jednalo o -320 s novými motory Conway od Rolls-Royce. Jejich zásluhou se zvýšil dolet a především snížila hlučnost letounu, jenž vadila obyvatelům u letišť. Poté, co i američtí motoráři z Pratt & Whitney začali vyrábět dvouproudové motory označené JT3D-1, začal je Boeing montovat na verzi 707-120. Zároveň s novými motory upravil i křídla a vznikl staronový stroj značený 707-120B. Další verze se zrodily předěláním draku typu 707-320. Objevil se 707-320B a 320C. Verze s C na konci umožňovala v rámci několika hodin přestavět horní palubu určenou pro náklad na další prostory určené cestujícím. Tím se zvedla kapacita až na 219 pasažérů. Poslední ze série 707 je verze 707-700. Obdržela motory CFM56 s velkým obtokovým poměrem 6:1 ze společné dílny General Electric a SNECMA. Verze 700 se z důvodu stáří typu 707 nezačala vyrábět, ale pouze se přestavělo asi 100 kusů již postavených a zalétaných 707-320. Poslední civilní 707 sjel ze seattleské výrobní linky v roce 1982.



Obr. 4: Prototyp Boeingu 707 – The Dash 80 [57]

1.3.2. B-720

[1], [13], [14], [15]

Jelikož typ 707 byl Boeingem prezentován jako dopravní letoun na dlouhé vzdálenosti, rozhodli se z 707-120 vyvinout stroj pro krátké a střední tratě. Původně byl označován 707-020, ale nakonec jej před vstupem do služby v roce 1960 pojmenovali 720. Oproti svému předchůdci byl o 2,74 metrů kratší, odlehčený, zvětšil se úhel šípů náběžné hrany mezi vnitřními rameny motorů a trupu a Krügerovy klapky se roztáhly po celé náběžné hraně. Tyto předělávky způsobily, že 720 byl schopný vzlétnout z kratších drah (přibližně 2500 m oproti potřebných 3500 m pro 707) a udržovat si cestovní rychlost 967 km/h i v nižších letových výškách, jelikož na krátkých tratích se nevyplatilo stoupat výše. Převážná kapacita činila až 167 pasažérů s doletem necelých 5000 km. Druhou verzí byla 720B s dvouproudovými motory. Ty zlepšily vzletové vlastnosti a zvýšily cestovní rychlost na 1001 km/h. 720 byl oblíbený u pilotů, pasažérů i provozovatelů. Pomalu však přerůstal do kategorie na střední až dlouhé vzdálenosti a brzy byl nahrazen modernější 727. Proto celková výroba nedosahovala čísel jako ostatní typy a zastavila se na počtu 154 kusů.



Obr. 5: Boeing 720 [58]

1.3.3. B-727

[1], [16], [17]

Z důvodu nárůstu americké vnitrostátní dopravy se Boeing roku 1960 rozhodl vyvinout nové letadlo pro krátké tratě. Hlavními požadavky byla velká přepravní kapacita, dobré vzletové a přistávací schopnosti i na krátkých letištních drahách, dobrá ovladatelnost při malých rychlostech těsně nad zemí, schopnost dosáhnout vysokých rychlostí v menších výškách a nízká hlučnost. Výsledek inženýrské a konstruktérské práce dalece předčil Boeingovo očekávání v množství prodaných kusů. Vzniklý stroj měl tři nově vyvinuté dvouproudové motory od Pratt & Whitney umístěné na zádi trupu. Trup získal stejnou šířku jako na dlouhé tratě určený 707, čímž mohl cestujícím poskytnout stejnou úroveň cestování i při krátkých letech. Necelý půlrok zpoždění prvního vzletu způsobil vývoj křídla a klapek. Boeing nakonec vytvořil křídlo o šípu 32° s novými trojštěrbinovými vztlakovými klapkami a jednoštěrbinovými klapkami na náběžné hraně. Skluz ve výrobním programu byl však odměněn vynikajícími vzletovými a přistávacími vlastnostmi.



Obr. 6: Boeing 727 [59]

První generace 727 dostala přídomek -100. Jeden stroj dokázal přepravit až 110 cestujících. V rámci rozšíření sortimentu začal Boeing vyrábět verze 727-100C, 727-100QC a 727-100QF, kde přídavná C, QC a QF znamenala Convertible, Quick Change, respektive Quiet Freighter. První dva typy byly libovolně přestavitelné kombinace dopravního a nákladního letadla, přičemž změna u Quick Change se zásluhou paletizovaných sedaček dala zvládnout do hodiny. Verze QF byla vyvinuta jako čistě nákladní pro United Parcel Service. V polovině šedesátých let se Boeing rozhodl, že vyrobí prodlouženou verzi 727-200. Ta dokázala pojmout až 189 cestujících a přitom si zachovat výborné provozní náklady na krátkých vzdálenostech. Dalšími vylepšeními vznikl 727-200A (Advanced). Nejvýznamnějšími změnami byla úprava interiéru, silnější a úspornější motory a objemnější palivové

nádrže. Především prostornější vnitřní prostory si pasažéři chválili natolik, že se staly standardem pro všechny nově vyráběné stroje včetně 737. S novými motory a doletem téměř 5000 km však 727-200A přestoupil do kategorie letounů pro střední vzdálenosti. Posledním typem byl nákladní 727-200F vyrobený speciálně pro Federal Express.

727 se svými prodeji zapsala do historie. Stala se nejprodávanějším letadlem v prvních 30 letech proudové éry. Zároveň i prvním dopravním letadlem, jež překročilo hranici 1000 prodaných kusů. To se stalo v září 1972. Poslední 727 byl dodán 18. září 1984. Celkem se jich vyrobilo 1832 a do dnešního dne přepravily přes 4 miliardy pasažérů. V neposlední řadě se stala základním stavebním kamenem pro ještě úspěšnější 737.

2. První generace 737 – Original

Boeing měl na trhu proudových dopravních letadel více než slušnou pozici zásluhou svých zaběhlých modelů 707, 720 a 727. V rámci rozmanitosti své flotily se však odhodlal vyvinout letoun čistě pro krátké vzdálenosti, jelikož doposud vyráběné stroje se postupně přemísťovaly do kategorie „střední a dlouhé tratě“. Tímto začíná příběh nejúspěšnějšího dopravního letounu v historii, Boeingu 737.

2.1. 737-100

[1], [2], [5], [18], [19], [20], [21], [22], [23]

Poprvé v historii firmy se Boeing při vývoji 737 neopíral o podporu žádné americké dopravní společnosti. Začátek výroby oficiálně odstartovala svou objednávkou v únoru 1965 západoněmecká Lufthansa. Na podobě letounu však pracovali konstruktéři již od roku 1964. Rozhodnutí německého dopravce jim ale zaručilo, že jejich návrhy neskončí pouze na papíře. Jakožto první a hlavní zákazník mohla Lufthansa konzultovat parametry stroje. Na její požadavek byla kapacita navýšena z plánovaných 60-85 pasažérů na 100 a rovněž si vymínila použití lepších motorů. Boeing snížil náklady na vznik 737 využitím svých předchozích modelů. Od 707 a 727 dostal široký trup, dále vybavení kabin, toalety a kuchyňku. Celkově bylo na výstavbu 737 použito okolo 60% dílů převzatých z 727. Vzhledem ke společným rysům se 707 se dá říci, že základy 737 byly položeny již v padesátých letech. Tedy mnoho let před první úvahou o tomto modelu. Využití už vyráběných dílů (buď přímo v továrně Boeingu nebo v rámci kooperace s menšími výrobci) bylo nejenom mnohem levnější než nový vývoj každé součástky, ale také to zjednodušilo přechod veškerého leteckého personálu ze stávajících typů.

Výsledný letoun si svým krátkým, zavalitým trupem vysloužil přezdívku Fat Albert. Tomuto označení rovněž napomáhal fakt, že 737-100 měl pouze o 30 cm delší trup než rozpětí. Pohon obstarávaly dva motory JT8D-7 od Pratt & Whitney, každý o tahu 62,3 kN, zavěšené pod křídly. Kvůli snížení celkové výšky však byly připevněny přímo na jejich spodní hranu. Kapacita se ustálila na 103 cestujících, při menším rozestupu sedaček mohla stoupnout na 118. Dokázal vyvinout maximální rychlost 943 km/h. Dolet dosahoval v závislosti na zatížení až přes 3000 km.

První stroj byl Lufthanse dodán koncem roku 1967. Do provozu se dostal 10. února 1968. Lufthansa si dohromady objednala 22 letounů. Dalších 5 kusů zakoupila Malaysia Airlines a 2 španělská Avianca. Poslední letadlo z konečné 30 kusové produkce obdržela NASA roku 1973. Americký trh zůstal k tomuto typu chladný především z důvodu nízké přepravní kapacity. Úspěch následujícího modelu 737-200 byl hlavním důvodem ukončení produkce 737-100.



Obr. 7: Boeing 737-100 [60]



Obr. 8: Kokpit 737-100 [61]

2.2. 737-200

[1], [2], [5], [19], [20], [21], [22], [23]

Druhý člen rodiny Boeing 737 byl vyvíjen paralelně se -100, jelikož bylo pravděpodobné, že kapacitní dispozice navrhnuté primárně pro Lufthansu nebudou stačit potřebám amerických aerolinek. Verzi 737-100 si opravdu žádný místní přepravce neobjednal, a proto přišla chvíle nového letounu.

737-200 byl navrhován podle nároků United Air Lines. Nový typ měl pouze několika měsíční zpoždění v uvedení do provozu za svým předchůdcem. Jedinými zásadními rozdíly oproti Fat Albertovi bylo prodloužení trupu o 1,88 m a nová verze motorů JT8D-9 o zvýšeném tahu 64,5 kN. Delší drak letounu umožnil přepravit až 130 cestujících při čistě ekonomickém provedení, nebo 102 pasažérů rozdělených do první a ekonomické třídy. Ačkoliv prodloužení také slibovalo lepší obtékání vzduchu, při letových testech byly zjištěny negativní odchylky v maximální rychlosti a doletu oproti vypočteným hodnotám. V rámci zachování dobrého jména firmy musel Boeing zjednat nápravu. Po dalším roce vývoje přišel s aerodynamickými inovacemi, které se ve výrobě projeví od 135. stroje. Pro již dodané letouny připravil soupravu k vylepšení na novou úroveň. Zásadními změnami prošly klapky, byly utěsněny veškeré spáry a hlavně byly kompletně předělány obrabeče tahu motorů. Původní škeblovitě, pneumaticky ovládané, byly nahrazeny hydraulickými ze soustředěných segmentů. Cena vývoje ve výši 24 milionů dolarů se zaplatila výtečným zlepšením vzletových vlastností a možností prodávat 737-200 i pro místní přepravu mezi malými letišti.

S následující modernizací už přišel i nový název. 737-200Adv (Advanced) dostal nové dělení klapek na náběžných hranách křídla s větším zešikmením a Krügerovy klapky prodloužené až k trupu. Tím se opět zmenšily potřebné rychlosti při přistávání a vzletech a vzrostla maximální vzletová hmotnost. Bezpečnější úvodní a finální fázi letu zajišťoval antismykový systém, automatické brzdy včetně aerodynamických a automatická rezerva výkonu. Všechny inovace bylo opět možno zakoupit v balíčku pro původní verzi -200. Další certifikovaná souprava umožňovala provoz letadel na neupravených plochách. Obsahovala deflektory odvádějící vzduch, písek a drobné kameny mimo sání motorů a náběžnou hranu, teflonový nátěr spodních ploch stroje, pevnější antény či laminátový povlak spodní strany klapek.

Letoun byl převážně vyroben z hliníkových slitin s využitím voštinové konstrukce. Postupem času byl hliník u křidélek, výškového a směrového kormidla nahrazen uhlíkovými kompozity. Pohyby ovládacích prvků letadla a podvozku byly řízeny hydraulicky. Advanced už také obsahovaly FDR (Flight Data Recorder) a autopilota pro přistávání pomocí ILS (Instrument Landing System). V rámci úspornější ekonomiky provozu byly také vybaveny elektronikou Lear Siegler pro řízení výkonu podle charakteru letu. Motory opět dodal Pratt & Whitney. Postupem času -200Adv dostal JT8D-15, -17, -17R a jejich „áčkové“ verze -15A, -17A a -17AR s tahy 69,9 až 77,4 kN. S příchodem nových směrnic musely být vybaveny tlumiči hluku.

Kromě klasické dopravní verze 737-200Adv se také začaly vyrábět -200C (Convertible) a -200QC (Quick Change). Tyto typy, stejně jako u 727, umožňovaly jednoduchou přestavbu mezi nákladní a dopravní variantou podle aktuální potřeby. Pro palety s nákladem byly zřízeny speciální dveře před křídlem na levoboku. Další speciální typ High Gross Weight Structure se silnějšími motory JT8D-17 a -17A byl určen pro dlouhé lety (přes 5000 km) a větší vzletové hmotnosti. Model 737-200 také položil základy Business Jetu. Corporate 200 byl dodáván buď s luxusně zařízeným, prostorným interiérem či úplně prázdný, aby si ho zákazník mohl vybavit dle svého vkusu. Mimo civilní varianty bylo vyrobeno 19 kusů pro výcvik armádních pilotů s označením T-43A a 3 modely Surveiller se speciálním vyhledávacím radarem pro námořní hlídku Indonéských leteckých sil. Zajímavostí je i modifikovaný 737-200 z roku 1999 určený k vývoji avioniky pro stíhačku F-35 Lightning.

Boeing 737-200 se vyráběl až do roku 1988. Celkem jej bylo dodáno 1114 kusů ^[53], čímž hravě překonal svého předchůdce 737-100 a položil pevné základy svým nástupcům.



Obr. 9: Kokpit 737-200Adv [62]



Obr. 10: Boeing 737-200Adv [63]

3. Druhá generace 737 – Classic

[19], [26]

Přes 1000 prodaných kusů 737-200 přiměl Boeing k rozšíření této úspěšné rodiny dopravních letadel. V průběhu 80. let vznikla druhá generace 737 označovaná Classic. Postupně z výrobní linky v Seattlu vyrolovaly tři typy zařazené do této kategorie: -300, -400 a -500. Nejvýznamnějšími změnami oproti „dvoustovce“ byla výměna dodavatele motorů, mírné zvětšení rozpětí křídel, vylepšená aerodynamika a modernější avionika.

3.1. 737-300

[2], [5], [19], [23], [26], [27], [28], [29], [30], [31]

737-300, první z řady Classic, byl konstruován jako prodloužená, zmodernizovaná verze 737-200Adv. Jeho cílem nebylo nahradit 737-200Adv, nýbrž pouze doplnit nabízený sortiment letounů. Výroba začala v březnu 1981 a první dodávku dostala USAir koncem listopadu o 3 roky později. Do provozu však byla 737-300 uvedena společností Southwest Airlines, jenž svůj první stroj obdržela dva dny po USAir.

Boeing se při vývoji nového letounu držel již osvědčené strategie přímé příbuznosti jednotlivých typů. Ve výsledku drak 737-300 obsahoval okolo 70% součástí svého úspěšného předchůdce z první generace Boeingu 737. Trup zaznamenal podstatnou změnu v podobě prodloužení o 2,87 m, což umožnilo zvýšit přepravní kapacitu na 128 cestujících v kombinovaném rozmístění sedadel či až 149 při zhuštěném rozestavění v jednotné ekonomické třídě. Zvětšování letounu se dotklo i křídel. Rozšířením rozpětí na 28,88 m vzrostla i nosná plocha na 105,4 m². Tradiční obměnou opět prošly klapky, sloty a spoilery.

Malá revoluce proběhla u motorů. Boeing již nesáhl po výrobku svého tradičního dodavatele Pratt & Whitney, nýbrž zvolil typ CFM56-3 od CFM International. Firmy, která vznikla spojením divize amerických General Electric s francouzskou Snecmou. Společně vyvinuli dvouproudový motor s vysokým obtokovým poměrem 5:1 a tahem 88,9 kN. Od roku 1988 Boeing na 737-300 pro delší vzdálenosti montoval výkonnější verzi o tahu 97,9 kN. Oproti JT8D vykazovaly o 20% větší účinnost, takže v kombinaci s novou aerodynamikou se zlepšily vlastnosti jako dostup, vzletová hmotnost, cestovní rychlost, dolet a především spotřeba čím dál dražšího paliva. Letadla osazená těmito motory také splňovala hlukovou směrnici Stage III vydanou ICAO. Nezanedbatelným rysem motorů od CFM se stala jejich oválná gondola nazývaná „hamster pouch“, čili křeček s plnou pusou.



Obr. 11: Motor CFM56 pro Boeing 737 [foceno autorem]

Použité materiály se oproti 737-200Adv nezměnily. Základem zůstaly hliníkové slitiny s využitím uhlíkových kompozitů na křídélkách, výškovém a směrovém kormidlu. Veškeré ovládání letadla opět bylo řízeno hydraulicky bez použití pneumatických systémů. Kupředu se však postupně posouvala avionika letounu. Pro optimální, ekonomické řízení letu se využíval FMC (Flight Management Computer), pro určování polohy zase prstencový laserový gyroskopický inerciální navigační systém. Společně s lepšími systémy automatického řízení letu se objevil systém EFIS/MAP (Electronic Flight Instrument System with Map). Jedná se o čtyři CRT (Cathode Ray Tube) obrazovky nahrazující klasické analogové přístroje. Dvě zobrazují důležité letové charakteristiky z EADI (Electronic Attitude Direction Indicator) a dvě z EHSI (Electronic Horizontal Situation Indicator). Nadstavbou EADI je barevný radar počasí a ukazatel TCAS (Traffic Collision Avoidance System). Pilotům taktéž usnadňoval práci automatický regulátor tahu fungující během celého letu v součinnosti s elektronickým hlídáním motorů.



Obr. 12: Kokpit generace Classic (737-300) [64]

Jedinou doplňkovou verzi k 737-300 vyrobil v roce 1992. Vyrobeny byly pouze tři kusy, které nesly označení Executive. Jednalo se o stroj určený VIP (Very Important Person) pasažérům poskytující komfort luxusního létajícího příbytku. Nákladní verze známé z modelu 737-200 vznikly pouze předěláním již zalétaných strojů u cizích výrobců bez Boeingovy podpory. Díky tomuto kroku se můžeme setkat s 737-300QC (Quick Change), 737-300F (Freighter) a 737-300SF (Special Freighter). Od roku 2003 je také možno zakoupit sadu pro instalaci wingletů, které vyrábí a dodává firma APB (Aviation Partners Boeing). Takto upravené letadlo je označeno 737-300SP (Special Performance).

Poslední 737-300 byl dodán společnosti Air New Zealand na konci roku 1999. Tento letoun měl pořadové číslo 1113, čímž zaostal pouze o jediný kus za produkcí 737-200^[53].



Obr. 13: Boeing 737-300 [65]

3.2. 737-400

[2], [5], [19], [23], [26], [27], [32], [33]

Dalším přírůstkem do rodiny 737 se stal model 737-400. Jeho cílem bylo pomoci 757 nahradit již nevyráběný úspěšný letoun 727. Jelikož kapacita 757 se pohybovala mezi 180 a 200 pasažéry, konstruktéři navrhovali 737-400 tak, aby zaplnil mezeru právě mezi 757 a již vyráběným 737-300. Výrobní program byl zahájen roku 1986 a první stroj ve službách Piedmont Airlines začal létat o dva roky později.

„Čtyřstovka“ byla v podstatě pouze prodloužená verze -300. Trup delší o 3 metry dovolil zvýšit kapacitu až na 168 cestujících v ekonomické třídě nebo 146 rozdělených na 8 v první a zbytek v ekonomické třídě. Kvůli delšímu trupu musela být na ocas namontovaná ostruha, aby letadlo při vzletu nezavadilo ocasem o dráhu. Vynucenou změnou bylo také použití silnějších motorů, jelikož zvětšením letadla se logicky zvedla i jeho hmotnost. Boeing zvolil novější typ motoru CFM56-3 o tahu 104,5 kN. Méně podstatné rozdíly byly způsobeny větším počtem pasažérů. U křídel se objevily dva východy navíc a byla posílena klimatizační jednotka.

Boeing také nabízel High Gross Weight Version na delší trasy se zesíleným trupem, křídly, podvozkem a klapkami a objemnější palivovou zásobou. Stejně jako u 737-300 i několik kusů „čtyřstovky“ se dočkalo předělání na nákladní verze a sady pro dovybavení winglety.

V celkové výrobě se verzi -400 nepodařilo dosáhnout úspěchu 737-300. Objevil se jí zdatný konkurent v podobě rychlejšího Airbusu A320 s modernějšími technologiemi a větším doletem. Výroba se zastavila na počtu 486 strojů^[53]. Zajímavostí je, že poslední 737-400, a zároveň i poslední 737 řady Classic, byla dodána 25. února 2000 naší ČSA.



Obr. 14: Boeing 737-400 [66]

3.3. 737-500

[2], [5], [19], [23], [26], [27], [34], [35]

Poslední z generace Classic vznikl jako přímá náhrada 737-200. Boeing oznámil výrobu v květnu 1987 pod názvem 737-1000. První dodávka z února 1990 pro Southwest Airlines však již nesla označení 737-500.

Tento model byl opět téměř identický s 737-300 a 737-400. Jestliže -400 byl zvětšenou kopií „třístovky“, potom -500 šel přesně opačnou cestou, aby byl porovnatelný s 737-200. Trup se zkrátil na pouhých 31,01 m, čímž zároveň klesla kapacita na 108 pasažérů v kombinovaném rozmístění, nebo 132 v ekonomickém provedení. Vzhledem k nižší hmotnosti si 737-500 vystačil s motory CFM56-3 o tahu 82,3 kN nebo 89 kN pro High Gross Weight Version s přídatnými nádržemi. Stejně jako u předešlých modelů druhé generace se objevila možnost instalace wingletů.

737-500 doplnila flotilu modernizované generace „sedmtřisedmiček“ konečnou výrobou 389 kusů ^[53]. Poslední stroj obdržel japonský dopravce Air Nippon v červenci 1999.



Obr. 15: Boeing 737-500 [67]

4. Třetí generace 737 – Next Generation

[19], [36], [37]

Na přelomu 80. a 90. let se Boeing v kategorii dvoumotorových, jednouličkových dopravních letounů pro krátké a střední vzdálenosti objevila konkurence v podobě evropského koncernu Airbus. Modernější technika spolu s lepšími letovými vlastnostmi začaly ohrožovat výsostné postavení Boeingu. V přímé reakci na modely A320 a A321 ohlásil Boeing na sklonku roku 1993 vývoj nové série letounů 737, která obsahovala stroje 737-600, 737-700 a 737-800. Později k nim přibyla verze 737-900. Cílem bylo létat výše, rychleji, do větších vzdáleností a úsporněji než předchozí modely a především konkurence. Vznikla současná Next Generation, často oficiálně zkracována NG. Rozdílný zájem aerolinek o první trojici 737-NG způsobil, že číselné označení neodpovídá chronologii výroby.

4.1. 737-700 [2], [5], [19], [23], [27], [30], [31], [36], [38], [39], [40], [41], [42], [43]

Výrobní program Next Generation začal objednávkou Southwest Airlines na 63 kusů 737-700. Prvního se dočkala 17. prosince 1997. Letoun byl vyvíjen, aby nahradil, v porovnání s Airbusem zastaralou, 737-300. Tomuto požadavku odpovídala podobná délka (o 0,2 m více než -300) i kapacita (od 120+8 v kombinaci ekonomické a první třídy po 148 ve variantě ekonomické třídy s menšími rozestupy sedadel). Generačním zvětšením opět prošla křídla, jejichž nosná plocha se zvětšila téměř o 25%, a také ocasní plochy. Samozřejmostí byla modernizace klapek, slotů a spoilerů. Zlepšení aerodynamiky přinesly v roce 2001 winglety.

Letoun byl osazen novou generací motorů CFM56-7. Tyto motory kombinovaly jádro CFM56-5 a dmychadlo z CFM56-3. Ve výsledku byly úspornější a vykazovaly menší hluchost. Pro 737-700 se dodávaly verze o tahu 91,6 kN nebo 101 kN, které dokázaly vyvinout cestovní rychlost až 980 km/h. Ačkoliv Airbusu dodávala CFM International motory s klasickým kulatým tvarem, Boeingu zůstala typická zploštělá gondola.

Základním stavebním materiálem zůstaly hliníkové slitiny s antikorozií úpravou a uhlíkové kompozity na ovládacích prvcích letadla. Pro nenamáhané součásti, především kryty, se začaly využívat plasty tvrzené uhlíkovými či skelnými vlákny. V roce 2008 Boeing představil karbonové brzdy, které ušetřily 317 kg hmotnosti oproti klasickým ocelovým. Na rozdíl od Airbusu Boeing nevsadil na řízení fly-by-wire, nýbrž zůstal věrný klasické hydraulice. Zdůvodňuje to většími náklady na údržbu a nižší spolehlivostí, jelikož piloti necítí reálnou odezvu letounu na prováděné manévry. Z tohoto důvodu také v kokpitu přetrvávaly klasické berany oproti joystickům v Airbusech. Celkově ale pilotní kabina prošla výraznou obměnou. Jádrem tzv. „skleněného kokpitu“ je CDS (Common Display System). Ten se skládá ze šesti LCD (Liquid Crystal Display) obrazovek a dvou řídicích počítačů DEU (Display Electronics Units). Úkolem tohoto systému je zobrazovat letové údaje ve stylu EFIS/MAP známého z generace Classic nebo PFD/ND (Primary Flight Display/ Navigational Display), jenž byl používán u Boeingů 777 a 747-400. Od roku 2001 jsou skleněné kokpity navíc vybaveny průhledovým Head-Up displejem. O dva roky později se objevil VSD (Vertical Situation Display), zobrazující zemský profil

pod trasou letu. Řízení letu pomocí FMC bylo vylepšeno o integrovaný GPS (Global Position System) čip. Počínaje rokem 2005 satelitní navádění také usnadnilo přistávání díky GLS (GPS Landing System). Certifikace 180-Minute ETOPS (ExTended OperationS) zase dovolovala větší dolet za předpokladu, že letadlo bude v každém okamžiku maximálně 180 minut letu od nejbližšího letiště. Roku 2004 Boeing představil nový systém odhlučnění kabiny pomocí generátorů vírů, tlumičů hluku a lepší izolace. Komfort pasažérů ve strojích vyrobených od roku 2006 zajišťují obrazovky zabudované v sedadlech. U nás je něco podobného známé z autobusů Fun & Relax společnosti Student Agency. Nejčerstvější novinkou je dva a půl roku starý Sky Interior. Prostornější interiér vybavený měnitelným osvětlením a intuitivnějším ovládáním pro cestující převzatý z Boeingu 787 Dreamliner.



Obr. 16: Kokpit 737NG [68]

Po odmlce u generace Classic se Boeing vrátil k vlastní výrobě kombinovaných osobních/nákladních verzí 737. Ze 737-700 vznikl 737-700C a QC se silnějšími křídly a speciálně zřízenými nákladními dveřmi. Pro dlouhé lety byl vyvinut 737-700ER (Extended Range) podobný BBJ (Boeing Business Jet). BBJ1 je soukromý letoun určený k přepravě VIP postavený ze 737-700 a se zesílenými křídly. Interiér je vybavován na míru zákazníkům, kterými jsou bohatí podnikatelé, vlády, hlavy států a korporace. Pro potřeby amerického námořnictva a vzdušných sil Boeing předělal 737-700C a BBJ1 na vojenský C-40 Clipper. Byly vyrobeny tři verze. Na základě -700C vznikl C-40A pro přepravu materiálu a lidí. C-40B i C-40C byly založeny na BBJ1, aby sloužily pro vysoce postavené vojenské osoby. Kombinací trupu 737-700, větších křidel z -800, přídatných nádrží BBJ1 a radaru byl vyroben letoun včasné výstrahy E-737 AEW&C (Airborne Early Warning and Control) jako alternativa k větším 767 a 707 AWACS (Airborne Warning And Control System).

Do dnešního dne získal Boeing okolo 1500 objednávek na všechny varianty 737-700 z nichž ještě více než 200 musí vyrobit ^[53]. 737-700 pro Southwest Airlines v červnu 2006 byl jubilejním 2000. letadlem série NG. Tohoto čísla Boeing dosáhl po pouhých 9 letech výroby, čímž se Next Generation stala nejrychleji prodávaným komerčním proudovým letadlem.



Obr. 17: Boeing 737-700 s winglety [69]

4.2. 737-800

[2], [5], [27], [38], [41], [42], [44]

Druhý v pořadí ze 737-NG byl nejprve označován jako 737-400X Stretch. Až s první objednávkou z května 1994 a zahájením výroby se oficiálně přejmenoval na 737-800. Nejdříve se nového stroje dočkal německý dopravce Hapag-Lloyd 17. prosince 1997.

Jak už původní vývojové označení napovídá, účelem 737-800 bylo nahradit největší 737 z řady Classic. Sdílel všechny novinky Next Generation popsané u 737-700. Oproti němu byl prodloužen o 5,84 m, dostal silnější křídla a stejně jako 737-400 i ostruhu pod ocas a východy nad křídlem. Kapacita se pohybovala od 160 pasažérů rozdělených na 12 v první a 148 v ekonomické třídě nebo 162 usazených v počtu 108 do business třídy a 54 do ekonomické či až 184 v jednotné ekonomické třídě. Větší rozměry si vyžádaly silnější motory. 737-800 byly osazeny CFM56-7 s tahem 107,6 kN u klasické verze, respektive 121,4 kN pro 737-800ERX s delším doletem.

Pro brazilskou nízkonákladovou společnost GOL Boeing vyvinul balíček zlepšující vzletové a přistávací schopnosti letadla na velmi krátkých ranvejích. Balíček obsahoval úpravu, klapky, slotů a spoilerů, delší ostruhu pro bezpečnější přistání při větším úhlu sestupu, redukci zpoždění motorů a nový software FMC. Zaslouhou těchto modifikací mohou GOL operovat i na letišti Santos Dumont v Riu de Janeiru, jehož ranvej měří pouhých 1323 m. Souprava se stala volitelným příslušenstvím pro všechny následující 737-800, -700, -600. 737-900ER ji obsahuje v základní výbavě.



Obr. 18: Boeing 737-800 s winglety [70]

Z 737-800 byl postaven modifikovaný letoun 737-800ERX s prodlouženým doletem. Rovněž vznikl BBJ2 nabízející o 25% prostornější kabinu a dvojnásobný nákladní prostor či přídatnou palivovou nádrž než BBJ1. Pro námořnictvo Boeing v rámci programu MMA (Multi-mission Maritime Aircraft) vytvořil P-8A Poseidon. Bojový stroj zkonstruován ze zesíleného trupu 737-800 a křídel 737-900 s větším rozpětím. Poseidon je vybaven zbraňovými systémy pod křídly, radary a možností tankování za letu. První Poseidony z více než 100 kusové plánované produkce jsou dodávány námořnictvu od loňského března. Na bázi Poseidonu je vytvářen koncept letounu pro radarové pozorování a odposlouchávání komunikace SIGINT (SIGnals INTelligence).

737-800 je suverénně nejprodávanějším modelem nejen Next Generation, nýbrž celé flotily 737. Do května 2013 si dopravci převzali téměř 3000 těchto strojů. Dle závazných objednávek bude v následujících letech dodáno ještě více než 1300 dalších ^[53].

4.3. 737-600

[2], [5], [27], [38], [41], [45], [46]

Ač je 737-600 Boeing NG s nejnižším číselným označením, světlo světa spatřil až po -700 a -800. Byl projektován pod označením 737-500X s podobnými rozměry i kapacitou jako 737-500. Po objednávce od Scandinavian Airlines v březnu 1995 se přejmenoval na 737-600, aby zapadl k již zalétaným 737. Do služby vstoupil 25. října 1998.

737-600 je nejmenší z Next Generation. Na délku měří pouhých 31,24 m, což je o 2,39 m méně než 737-700, ale oproti 737-500 je o 0,23 m delší. Rozmístění sedadel se skládá ze tří kombinací: 8 + 100 v první a ekonomické třídě, 70 + 39 v business a ekonomické nebo až 130 v jednotné ekonomické třídě. Vzhledem k nižší hmotnosti stačilo nainstalovat motory CFM56-7 o tahu 86,7 kN, či 101 kN pro verzi s delším doletem. Konstrukce i systémy se shodují s ostatními letouny z Next Generation, avšak 737-600 se jako jediný nedočkal wingletů.

737-600 sice zatím nebyl oficiálně stažen z nabídky, ale od roku 2006, kdy byl dodán poslední stroj, nepřišla žádná další objednávka. S počtem pouhých 69 vyrobených letounů se 737-600 stala nejméně úspěšným modelem 737-NG ^[53].



Obr. 19: Boeing 737-600 [71]

4.4. 737-900

[2], [5], [27], [38], [41], [44]

S mírným zpožděním za prvotními 737-NG vznikala poslední varianta této série. První objednávka na 737-900 přišla koncem roku 1997 od Alaska Airlines. Do provozu se dostal až 27. května 2001, tedy více než tři roky po prvním 737-700.

„Devítistovka“ se stala dosud největším Boeingem 737. Délkou 42,11 m přerostla 737-800 o 2,64 m. Kapacita letounu v kombinaci první a ekonomické třídy dosáhla 177 pasažérů (12 + 165). V samostatném ekonomickém provedení počet cestujících stoupl oproti -800 pouze na 189, ale zato kabina poskytovala více prostoru. Kvůli nízkým prodejům je 737-900 od roku 2007 nahrazen rozměrově stejným 737-900ER (Extended Range). Tento letoun dokáže pojmout až 215 pasažérů díky snížení rozestupů mezi sedadly. Aby se zvětšil dolet, byly nainstalovány dvě přídatné nádrže a winglety. Se zvětšenou hmotností musely být zesíleny nohy podvozku, konstrukce křídla a kýlová plocha. Motory CFM56-7 dosahovaly tahu 117 kN u -900 a 121,4 kN u -900ER.

Na základech 737-900ER byl zkonstruován BBJ3. Z flotily BBJ založených na modelech 737 logicky nejprostornější. Boeing také začal připravovat nákladní 737-900F s cílem nahradit stárnoucí letku 727 u FedExu. Z důvodu ekonomické krize však FedEx žádný nový letoun neobjednal a plány na 737-900F skončily nevyužité.

737-900, respektive -900ER doposud dosáhl necelých 600 objednávek, přičemž více než polovina ještě nebyla vyrobena. Největším odběratelem je rychle rostoucí indonéský dopravce Lion Air, který čeká ještě na 111 strojů ^[53].



Obr. 20: Boeing 737-900ER [72]

5. Čtvrtá generace – 737 MAX

[47], [48], [49], [50]

Tvrdý konkurenční boj s Airbusem nutil Boeing vyvíjet neustále úspornější letadla. Původní studie na náhradu 737-NG s pojmenováním Yellowstone 1 probíhal v letech 2005 až 2008. Konstrukteři se snažili snížit provozní náklady užitím technologií z nejmodernějšího dopravního letounu současnosti 787 Dreamliner. Nedokázali však dosáhnout očekávaných úspor, jelikož nebylo možné Dreamliner jednoduše zmenšit na stroj o vlastnostech a použití 737. A protože na NG stále chodily objednávky v hojném počtu, roku 2008 Boeing projekt na jejich náhradu odložil. Poté co Airbus v roce 2010 představil A320neo, byl Boeing donucen opět uvažovat o novém letounu. 30. srpna 2011 ohlásil výrobu nové generace 737, kterou pojmenoval MAX. V plánu jsou tři dopravní verze nahrazující 737-700, -800, -900ER a dva BBJ. Označení 737-7, -8, -9 synchronizuje 737 s vlajkovým strojem Boeingu 787. BBJ budou vycházet z modelů 737-8 a -9. Konečná podoba 737 MAX by měla být známa ještě letos, avšak některé informace jsou již známy. První let Boeing chystá na rok 2016 a dodávky o rok později.

Základem 737 MAX jsou úplně nové motory CFM LEAP-1B s obtokovým poměrem okolo 11:1. Tah těchto motorů se bude pohybovat mezi 89 a 124,6 kN. Vzhledem k předpokládané úspornosti letounu se dají očekávat spíše slabší verze. Gondoly budou oproti NG posunuty více před křídlo. CFM LEAP-1B slibují menší spotřebu i provozní náklady. V honbě za lepší aerodynamickou čistotou bude prodloužena a zúžena ocasní část za vodorovnými ocasními plochami. Nejvýraznější změnou jsou chystané „šavlovité“ winglety, které Boeing vyvíjel dlouhá léta. Jejich nasazení by mělo výrazně redukovat odpor letounu. Tudiž snižovat spotřebu a zvyšovat dolet. Méně viditelné, ale o to pro Boeing průlomovější, se jeví použití systému fly-by-wire. Zatím však pouze k ovládání spoilerů. Drobnější úpravy slibují zesílení křídel, větší displeje v kokpitu, nový klimatizační a odmrazovací systém, odstranění přebytečné hydrauliky, větší použití kompozitních materiálů a další drobná vylepšení. Vše pod ideou jednoduché konstrukce a s tím spojených nízkých finančních i časových nákladů na údržbu. Samozřejmostí bude vnitřní vybavení Sky Interior.

Celkově Boeing deklaruje, že 737 MAX bude nejefektivnější letoun na trhu co do spotřeby a provozních nákladů. Ačkoliv jsou zatím všechny úspory v teoretické rovině a dosud není ani oficiálně známa finální podoba stroje, Boeing k dubnu 2013 eviduje 1235 závazných objednávek od 17 dopravců ^[53].



Obr. 21: Vizualizace Boeingů 737 MAX [73]



Obr. 22: Návrh nového wingletu pro 737 MAX [74]

6. Vývoj letištní techniky pro odbavení letounu

[4], [51], [52]

Cílem každé letecké společnosti je, aby letadlo trávilo co nejvíce času ve vzduchu. Pokud se však nachází na zemi, je nezbytné provést několik operací nutných k dalšímu letu. Mezi tyto operace patří především nástup a výstup cestujících, nakládka a vykládka zavazadel, připojení pomocného zdroje energie, doplnění paliva, výměna vody na toaletách, doplnění pitné vody a potravin, úklid kabiny, případné odmražení, kontrola technického stavu a konečné vytlačení letounu. Tyto úkony se souhrnně nazývají technické odbavení letounu. Snahou je, aby proběhlo co nejrychleji při zachování maximální bezpečnosti. Kvůli tomu bylo vyvinuto velké množství specializované letištní techniky, která pomáhá dobu letounu na zemi minimalizovat.

Základem pro výstup a nástup cestujících jsou schody. Ty jsou součástí letounu, díky nimž je letadlo nezávislé na vybavení letiště. Běžněji se však používají mobilní schody. Nejprve se používaly tažené manuálně, posléze tahačem a nejmodernější mají vlastní pohonnou jednotku. Schody se dají přistavit na jakékoliv místo na letišti, což je jejich hlavní výhoda. Nedostatky jsou v nízké přepravní kapacitě a vystavení cestujících povětrnostním vlivům. Druhý nedostatek byl vyřešen konstrukcí krytých schodů. Samozřejmostí všech schodů by měla být výšková nastavitelnost pro různé typy letounů. S použitím schodů vyvstává otázka dopravy cestujících k letadlu. Nejdříve se pasažéři po letištní ploše přemísťovali pěšky. Z bezpečnostních a časových důvodů byly na delší vzdálenosti mezi letounem a odbavovací halou zavedeny autobusy. Další možností pro nástup a výstup cestujících jsou přepravní kabiny. Jedná se o pohyblivé čekárny se zvedací plošinou. Jejich nasazením se zároveň řeší problém s dopravením pasažérů z odbavovací haly k letadlu a zpět. Nejmodernější variantou jsou nástupní mosty. Nástup a výstup probíhá přímo mezi halou a letounem bez nutnosti vstupu na letištní plochu. Poskytují největší komfort i přepravní kapacitu cestujících. Jejich nevýhodou je vysoká pořizovací cena, omezený počet najednou odbavovaných letadel a vyšší nároky na přesnost parkování. Nakládka a vykládka zavazadel se dříve prováděla ručně. Dnes jsou běžné pásové dopravníky.



Obr. 23: Kryté schody s vlastním pohonem [75]



Obr. 24: Převravní kabina u B-747 [76]



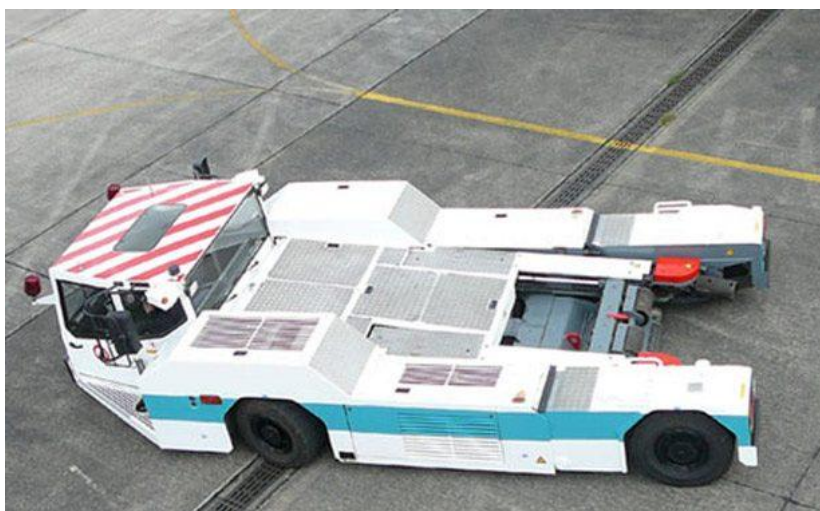
Obr. 25: Nástupní mosty na londýnském letišti Heathrow [77]

Z důvodu snížení spotřeby, hluku a zplodin letounu na stojánci se připojuje pomocný energetický zdroj GPU (Ground Power Unit). Klasické GPU jsou mobilní, ale moderní terminály je mají instalovány přímo pod nástupními mosty. Podobně funguje doplňování pohonných hmot. Základem jsou cisterny, které vozí palivo z centrálního zásobníku. Mají relativně neomezenou mobilitu, ale na druhou stranu omezenou kapacitu. Opakem je hydrantový systém, kdy se letecký petrolej rozvádí potrubím přímo ke konkrétní stojánci. Tento způsob je novější, ale opět nákladnější na výstavbu.



Obr. 26: Mobilní GPU na Letišti Leoše Janáčka Ostrava [78]

Letouny ze stojánky vytlačují tahače. Původně se používaly téměř jakékoliv stroje o dostatečné váze a výkonu k utáhnutí letadla. Později tahače určené přímo pro letištní účely. Připojovaly se k přední podvozkové noze tažnou tyčí. U nás se převážně jednalo o tahače značky Tatra. Dnes jsou nahrazovány speciálními beztyčovými tahači. Ty nadzvednou celou před a položí si letoun předním podvozkem na sebe. Díky tomu se tahač zatíží vahou letounu, čímž se eliminuje hmotnost oproti tyčovým tahačům. Rovněž odpadá manipulace s tyčí. Nehledě na to, že pro různé typy letadel je zapotřebí různých typů tyčí. Beztyčové tahače dovolují vyšší rychlosti posunu letounů a lepší manévrovatelnost.



Obr. 27: Beztýčový tahač letounů [79]

7. Závěr

Tato práce popisuje vznik a vývoj letounu B-737. Nejprodávanějšího, proudového, dopravního letounu v historii civilního letectví. Letounu spadajícího do kategorií dvumotorových, jednouličkových strojů pro krátké a střední tratě.

Úspěch B-737 není náhodný a je souhrou několika důležitých okolností. Základním stavebním kamenem úspěchu je zázemí jednoho z největších leteckých výrobců na světě, The Boeing Company. Firma založená roku 1916 na severozápadě USA leteckým nadšencem Williamem E. Boeingem se během svého působení vypracovala do absolutní špičky především díky schopnosti realizovat neotřelé nápady a inovace, které se postupně staly celosvětovým standardem pro všechny následující letouny. Firma, která si díky svému postavení mohla dovolit pohltit několik svých konkurentů. Například výrobce helikoptér Vertol, sekci Rockwellu pro aeronautiku a obranu nebo McDonnell Douglas.

Důležitým vnějším činitelem byl vznik turbodmychadlových motorů, jenž umožnily využívat plného potenciálu proudových strojů i v civilní sféře. B-737 těžil z průlomového 707, který se stala prototypem moderního dopravního letounu a úspěšného 727, z něhož si první B-737 vzal 60% součástí. Přímá návaznost typů je dalším faktorem úspěchu B-737. Jednak využívá fungujících principů, čímž se snižuje riziko neúspěchu, ale především je díky tomuto vývoj nových letounů mnohonásobně levnější. V kombinaci s flotilou letounů zahrnující široké spektrum použití a snahou o sjednocení jejich požadavků na údržbu se cílovým uživatelům snižují náklady na školení personálu. V neposlední řadě pro úspěch Boeingů hovoří spolehlivost, bezpečnost a neustálý vývoj konzultovaný s provozovateli, piloty, mechaniky a cestujícími. Důvod, proč se nejprodávanějším letounem stala zrovna 737 a ne jiný dopravní Boeing splňující všechny výše uvedené faktory, je jednoduchý: přeprava na krátké a středně dlouhé tratě je nejfrekventovanější a tudíž je na jejich obsluhu potřeba nejvíce strojů.

B-737 zatím vznikl ve třech sériích. Original, Classic a Next Generation. Reálné obrysy již získává vznikající 4. generace MAX. Prvním B-737 se stal roku 1967 737-100 vyvinutý pro německou Lufthansu. Nezáměr amerických dopravců kvůli nízké kapacitě ho však odsoudil k rychlému nahrazení větší 737-200 a posléze vylepšeným 737-200Adv. Hlavním konkurentem byly letouny amerického výrobce Douglas. V 80. letech začala nastupovat řada Classic se svými zástupci 737-300, -400, -500. Dodavatelem motorů se stala firma CFM International, jenž nahradila Pratt & Whitney. Postupnou digitalizací začaly procházet palubní systémy. V této době se vynořil silný konkurent, evropský koncern Airbus, který se s Boeingem dodnes přetahuje o pozici největšího dodavatele dopravních letadel. Reakcí byla současná Next Generation nahrazující sérii letounů Classic. Základní čtveřice modelů 737-600, -700, -800 a -900 se od „Klasiků“ liší především větším rozpětím, úspornějšími motory, hojnějším použitím lehčích materiálů a modernějším vybavením. Nastupující generace MAX slibuje nejúspornější letoun své kategorie díky novým motorům, aerodynamickým úpravám a lehčí konstrukci. Kromě dopravních B-737 vznikaly i nákladní, vojenské a soukromé deriváty. K dubnu 2013 činí celkové objednávky na B-737 10702 kusů, přičemž dodáno a uvedeno do provozu jich již bylo 7564 ^[53]. Pro srovnání, přímá konkurence v podobě rodiny Airbusů A320 čítá 9488 objednávek, z nichž bylo dodáno 5561 ^[54].

8. Seznam použitých zdrojů

- [1] NĚMEČEK, V. *Civilní letadla 2: Dopravní letadla s turbovrtulovými a proudovými motory*. 1. vyd. Praha: NADAS, 1981, 360 s.
- [2] *Jane's all the world's aircraft 2007-2008*. Coulsdon: Jane's Information Group Limited, 2007, 973 s. ISBN 07-106-2792-0.
- [3] LANGER, J. *Historie letectví od roku 1918 do roku 1950*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 62 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Chlebek, Ph.D.
- [4] ŠUMPELA, D. *Technické odbavení letadel na letišti Brno-Tuřany*. Brno, 2009. 34 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Petr Veselý.
- [5] Boeing. *737 Airplane Characteristics for Airport Planning*. 2005, 554 s. Dostupné z: <http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/737.pdf>
- [6] Boeing: The Boeing Logbook. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.boeing.com/boeing/history/chronology/index.page?>
- [7] Boeing: William E. Boeing -- 1881 to 1956. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: http://www.boeing.com/boeing/commercial/boeing_bio/index.page
- [8] Boeing. *Wikipedia - the free encyclopedia* [online]. 2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Boeing>
- [9] Teorie leteckých motorů: Typy leteckých motorů (LeteckeMotory.cz). *LeteckeMotory.cz* [online]. 2002 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.leteckemotory.cz/teorie/teorie-02.php>
- [10] Dvouproudový motor - Wikipedie. *Wikipedie* [online]. 2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Dvouproudov%C3%BD_motor
- [11] Boeing: 707. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.boeing.com/boeing/commercial/707family/index.page>
- [12] Boeing: Model 367-80 -- The Dash 80. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.boeing.com/boeing/history/boeing/dash80.page>
- [13] Boeing: 707/720 Commercial Transport. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.boeing.com/boeing/history/boeing/707.page>
- [14] Boeing: Boeing 720. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.boeing.com/boeing/commercial/707family/720.page>
- [15] Boeing 720. *Airliners.net* [online]. c2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.airliners.net/aircraft-data/stats.main?id=88>
- [16] Boeing: Boeing 727. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.boeing.com/boeing/commercial/727family/index.page>

- [17] Boeing 727-200. *Airliners.net* [online]. c2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.airliners.net/aircraft-data/stats.main?id=90>
- [18] History & Development of the Boeing 737. *The Boeing 737 Technical Site* [online]. c1999 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.b737.org.uk/history.htm>
- [19] Boeing: Boeing 7-Series. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.boeing.com/boeing/news/feature/sevenseries/737.page>
- [20] History & Development of the Boeing 737 - Originals. *The Boeing 737 technical site* [online]. c1999 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.b737.org.uk/737original.htm>
- [21] Boeing 737-100/200. *Airliners.net* [online]. c2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.airliners.net/aircraft-data/stats.main?id=91>
- [22] Boeing 737-100. *Civil Aviation* [online]. 2005 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.civilaviation.eu/Boeing/737-100.htm>
- [23] Šviciho letecké stránky. *Šviciho letecké stránky* [online]. 2010 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://svici.web.cz/>
- [24] Boeing 737-100/200. *Airliners.net* [online]. c2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.airliners.net/aircraft-data/stats.main?id=91>
- [25] Boeing 737-200. *Civil Aviation* [online]. 2005 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.civilaviation.eu/Boeing/737-200.htm>
- [26] History & Development of the Boeing 737 - Classics. *The Boeing 737 technical site* [online]. c1999 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.b737.org.uk/737classic.htm>
- [27] Boeing 737 Detailed Technical Data. *The Boeing 737 Technical Site* [online]. c1999 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.b737.org.uk/techspecs/detailed.htm>
- [28] Boeing 737-300. *Airliners.net* [online]. c2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.airliners.net/aircraft-data/stats.main?id=92>
- [29] Boeing 737-300. *Civil Aviation* [online]. 2005 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.civilaviation.eu/Boeing/737-300.htm>
- [30] The 737 Virtual Flight Deck. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_04/textonly/ps02txt.html
- [31] Boeing 737 Flight Instruments. *The Boeing 737 Technical Site* [online]. c1999 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.b737.org.uk/flightinsts.htm>
- [32] Boeing 737-400. *Airliners.net* [online]. c2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.airliners.net/aircraft-data/stats.main?id=93>
- [33] Boeing 737-400. *Civil Aviation* [online]. 2005 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.civilaviation.eu/Boeing/737-400.htm>
- [34] Boeing 737-500. *Airliners.net* [online]. c2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.airliners.net/aircraft-data/stats.main?id=94>

- [35] Boeing 737-500. *Civil Aviation* [online]. 2005 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.civilaviation.eu/Boeing/737-500.htm>
- [36] Boeing: Boeing 737 Facts. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: www.boeing.com/boeing/commercial/737family/facts.page
- [37] Boeing: Who Has the Newest Single-Aisle Jetliner?. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: http://www.boeing.com/boeing/commercial/737family/pf/pf_newest.page
- [38] Boeing: The Boeing Next-Generation 737 Family. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.boeing.com/boeing/commercial/737family/background.page>
- [39] Boeing's New Airplane - Design Highlights. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: http://www.newairplane.com/737ng/design_highlights/#/continuous-innovation/continuous-innovation
- [40] Boeing: The Value of technology on the 737. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: http://www.boeing.com/boeing/commercial/737family/pf/pf_technology.page
- [41] The Boeing 737 Technical Site. *The Boeing 737 Technical Site* [online]. c1999 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.b737.org.uk/737ng.htm>
- [42] Boeing 737-700/800 BBJ/BBJ2. *Airliners.net* [online]. c2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.airliners.net/aircraft-data/stats.main?id=108>
- [43] Boeing 737-700. *Civil Aviation* [online]. 2005 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.civilaviation.eu/Boeing/737-700.htm>
- [44] Boeing 737-800/900. *Airliners.net* [online]. c2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.airliners.net/aircraft-data/stats.main?id=96>
- [45] Boeing 737-600/700. *Airliners.net* [online]. c2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.airliners.net/aircraft-data/stats.main?id=95>
- [46] Boeing 737-600 Production List - Planespotters.net Just Aviation. *Planespotters.net* [online]. c2003-2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: http://www.planespotters.net/Production_List/Boeing/737/737-600/
- [47] Boeing's New Airplane - Design Highlights. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.newairplane.com/737max/design-highlights/#/max-efficiency>
- [48] Boeing: The New Boeing 737 MAX Family. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.boeing.com/boeing/commercial/737family/737max.page>
- [49] The Boeing 737 Technical Site. *The Boeing 737 Technical Site* [online]. c1999 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.b737.org.uk/737max.htm>
- [50] The Leap Engine. *CFM International, Makers of the CFM56 Family* [online]. c2013 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.cfmaeroengines.com/engines/leap>
- [51] Pushback - Wikipedia, the free encyclopedia. *Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Pushback>

- [52] Planes.cz | Unikátní články o letadlech, letištích a létání obecně. *Planes.cz* [online]. c1999-2012 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.planes.cz/cs/clanky/547/>
- [53] Active Boeing. *Boeing* [online]. c1995-2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://active.boeing.com/commercial/orders/displaystandardreport.cfm?cboCurrentModel=737&optReportType=AllModels&cboAllModel=737&ViewReportF=View+Report>
- [54] Orders & deliveries. *Airbus, a leading aircraft manufacturer* [online]. c2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.airbus.com/company/market/orders-deliveries/>
- [55] Vintage Airplane Prints Set of 2 Curtiss Condor by GraceArchives. *Etsy* [online]. c2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.etsy.com/listing/90353598/vintage-airplane-prints-set-of-2-curtiss>
- [56] Boeing, Type 307, Stratoliner. *Flickr - Photo Sharing!* [online]. c2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.flickr.com/photos/sdasmarchives/7204073328/sizes/k/in/photostream/>
- [57] Dash80.jpg. *AirlineReporter.com: Blogging on the airline business & travel* [online]. 2011 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.airlinereporter.com/wp-content/uploads/2012/08/dash80.jpg>
- [58] File:Boeing 720-048 EI-ALA Aer Lingus 1965.jpg. *Wikimedia Commons* [online]. 2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boeing_720-048_EI-ALA_Aer_Lingus_1965.jpg
- [59] A9C-BA Bahrain Royal Flight Boeing 727-2M7(A)(RE)(WL). *Planespotters.net* [online]. c2003-2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://www.planespotters.net/Aviation_Photos/photo.show?id=282839
- [60] File:737-100 N73700.jpg. *Wikimedia Commons* [online]. 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:737-100_N73700.jpg
- [61] Boeing_737_cockpit.jpg. *Academic Dictionaries and Encyclopedias* [online]. 2009 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://en.academic.ru/pictures/enwiki/66/Boeing_737_cockpit.jpg
- [62] Alaska Airlines Boeing 737-200 Combi N740AS Flight Deck. *Airchive* [online]. c2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://airchive.com/html/cabins-and-cockpits/alaska-airlines/alaska-airlines-boeing-737-200-combi-n740as-flight-deck/16822>
- [63] PP-SPG VASP Boeing 737-2L7(A). *Planespotters.net* [online]. c2003-2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://www.planespotters.net/Aviation_Photos/photo.show?id=379419
- [64] Photos: Boeing 737-300 (simulator) Aircraft Pictures. *Airliners.net* [online]. c2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.airliners.net/photo/Lufthansa/Boeing-737-300-%28simulator%29/1411261/L/>
- [65] D-ABEN Lufthansa Boeing 737-330. *Planespotters.net* [online]. c2003-2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://www.planespotters.net/Aviation_Photos/photo.show?id=380475
- [66] OK-FGR (CN: 28477) CSA Czech Airlines Boeing 737-45S by AL-Alan Lebeda. *JetPhotos.net* [online]. c2004 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://jetphotos.net/viewphoto.php?id=366784>

- [67] OK-XGE - CSA - Czech Airlines Boeing 737-500 at Prague - Václav Havel. *Airplane-Pictures.net* [online]. c2006-2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.airplane-pictures.net/photo/246712/ok-xge-csa-czech-airlines-boeing-737-500/>
- [68] 737 NG MIP Annunciator lights.jpg. *Creative Simulations* [online]. 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.creativesimulations.com/737%20NG%20MIP%20Annunciator%20lights.jpg>
- [69] N965WN Southwest Airlines Boeing 737-7H4(WL). *Planespotters.net* [online]. c2003-2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://www.planespotters.net/Aviation_Photos/photo.show?id=380225
- [70] VQ-BKR NordStar Airlines Boeing 737-8AS(WL). *Planespotters.net* [online]. c2003-2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://www.planespotters.net/Aviation_Photos/photo.show?id=380562
- [71] LN-RPT SAS Scandinavian Airlines Boeing 737-683. *Planespotters.net* [online]. c2003-2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://www.planespotters.net/Aviation_Photos/photo.show?id=379808
- [72] N39461 United Airlines Boeing 737-924(ER)(WL). *Planespotters.net* [online]. c2003-2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://www.planespotters.net/Aviation_Photos/photo.show?id=379665
- [73] Boeing-737-MAX-family.jpg. *International world wide Aviation news* [online]. 2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.aviationnews.eu/blog/wp-content/uploads/2012/11/Boeing-737-MAX-family.jpg>
- [74] Boeing_737-8_MAX_winglet.jpg. *Aircraft Wallpaper / Avioners.net* [online]. c2009-2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://4.bp.blogspot.com/-wbpfh5zaEkY/UPX2LoRtQgI/AAAAAAAAAOZM/GmT4fi8A5mQ/s1600/boeing_737-8_MAX_winglet.jpg
- [75] Accessair-dual-air-canopy5-800x600.jpg. *ACCESSAIR Systems Inc 1-450-638-5441* [online]. 2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.accessairsystems.com/images/accessair-dual-air-canopy5-800x600.jpg>
- [76] Bill_07.jpg. *The Unofficial JFK Airport 50th Anniversary Page* [online]. 1998 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://psa188.tripod.com/photos/bill_07.jpg
- [77] Heathrow_Terminal_5_012.jpg. *Wikimedia* [online]. 2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/Heathrow_Terminal_5_012.jpg
- [78] GPU08.JPG. *Letiště Ostrava, a.s.* [online]. 2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://www.airport-ostrava.cz/UserFiles/Image/Projekty_web/SaZII/2/GPU08.JPG
- [79] Towbarless_aircraft_tractor.jpg. *Airport International > News, Information and Suppliers* [online]. 2011 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://www.airport-int.com/upload/image_files/suppliers/gallery/2782/second-hand-ground-support-equipment/towbarless_aircraft_tractor.jpg
- [80] B-1-7_jt8d_cutaway_high.jpg. *Pratt & Whitney* [online]. 2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://www.pw.utc.com/Content/JT8D_Engine/img/B-1-7_jt8d_cutaway_high.jpg

- [81] Cf56_zoom_02.jpg. *Ecomagination* [online]. 2011 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://files.ecomagination.com/wp-content/uploads/2011/08/cf56_zoom_02.jpg
- [82] CFM56-7. *Flickr - Photo Sharing!* [online]. c2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.flickr.com/photos/sbengineer/3614751318/>

9. Seznam použitých zkratek

| | | |
|----------------|--|---|
| A | Advanced | pokročilý (pro B-727) |
| Adv | Advanced | pokročilý (pro B-737-200) |
| AEW&C | Airborne Early Warning and Control | vzdušný systém včasné vystrahy |
| APB | Aviation Partners Boeing | Aviation Partners Boeing |
| AWACS | Airborne Warning And Control System | vzdušné středisko řízení a včasného varování |
| BBJ | Boeing Business Jet | Boeing Business Jet |
| C | Convertible | přestavitelný |
| CDS | Common Display System | systém pro zobrazení letových údajů |
| CRT | Cathode Ray Tube | katodová trubice pro urychlování elektronů |
| cm | centimeter | centimetr |
| DEU | Display Electronics Units | počítač pro elektronické zpracování letových údajů |
| EADI | Electronic Attitude Direction Indicator | umělý horizont |
| EFIS/MAP | Electronic Flight Instrument System with Map | systém pro zpracování letových dat |
| EHSI | Electronic Horizontal Situation Indicator | systém pro zobrazení letových údajů |
| ER | Extended Range | prodloužený dolet |
| ETOPS | ExTended OPERATIONs | certifikace pro delší lety |
| F | Freighter | nákladní letadlo |
| FDR | Flight Data Recorder | černá skříňka |
| FMC | Flight Managment Computer | počítač pro optimalizaci letu |
| GLS | GPS Landing System | systém pro přistávání pomocí GPS |
| GPS | Global Position System | globální poziční systém |
| GPU | Ground Power Unit | pozemní energetický zdroj |
| ICAO | International Civil Aviation Organization | mezinárodní organizace pro civilní letectví |
| ILS | Instrument Landing System | systém pro přistávání pomocí přístrojového navádění |
| ISS | International Space Station | mezinárodní vesmírná stanice |
| km | kilometer | kilometr |
| km/h | kilometer per hour | kilometry za hodinu |
| kN | kiloNewton | kiloNewton |
| LCD | Liquid Crytal Display | displej z tekutých krystalů |
| m | meter | metr |
| m ² | square meter | metr čtvereční |
| MMA | Multi-mission Maritime Aircraft | víceúčelové námořní letadlo |
| NG | Next Generation | Next Generation |
| P&W | Pratt & Whitney | Pratt & Whitney |
| PFD/ND | Primary Flight Display/ Navigational Display | systém zobrazování letových údajů v 737-NG |
| QC | Quick Change | rychlá přeměna |
| QF | Quiet Freighter | tichý nákladní letoun |
| SF | Special Freighter | speciální nákladní letoun |

| | | |
|--------|------------------------------------|--|
| SIGINT | Signals Intelligence | informace získaná odposlechem komunikačních cest nebo radarem |
| SP | Special Performance | speciální výkon |
| TCAS | Traffic Collision Avoidance System | system proti kolizi 2 letadel |
| VIP | Very Important Person | velmi důležitá osoba |
| VSD | Vertical Situation Display | indikátor polohy letounu vůči zemskému profilu |

10. Seznam příloh

| | |
|---|----|
| Příloha 1: Porovnávací tabulka základních typů B-737, část 1. | 50 |
| Příloha 1: Porovnávací tabulka základních typů B-737, část 2. | 51 |
| Příloha 2: Řez motoru P&W JT8D (737 Original) | 52 |
| Příloha 3: Řez motoru CFM56-3 (737 Classic) | 52 |
| Příloha 4: Řez motoru CFM56-7 (737 NG) | 52 |
| Příloha 5: Základní rozměry 737-100 | 53 |
| Příloha 6: Základní rozměry 737-200 | 54 |
| Příloha 7: Základní rozměry 737-300 | 55 |
| Příloha 8: Základní rozměry 737-400 | 56 |
| Příloha 9: Základní rozměry 737-500 | 57 |
| Příloha 10: Základní rozměry 737-600 | 58 |
| Příloha 11: Základní rozměry 737-600 s winglety | 59 |
| Příloha 12: Základní rozměry 737-700 | 60 |
| Příloha 13: Základní rozměry 737-700 s winglety | 61 |
| Příloha 14: Základní rozměry 737-800 | 62 |
| Příloha 15: Základní rozměry 737-800 s winglety | 63 |
| Příloha 16: Základní rozměry 737-900 | 64 |
| Příloha 17: Základní rozměry 737-900 s winglety | 65 |
| Příloha 18: Typické rozmístění techniky pro odbavení u 737-NG | 66 |

11. Přílohy

Příloha 1: Porovnávací tabulka základních typů B-737, část 1.

| | Original | | Classic | | |
|---|----------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | 100 | 200Adv | 300 | 400 | 500 |
| První dodávka ^[27] | 28.12.1967 | 29.12.1967 | 28.11.1984 | 15.9.1988 | 28.2..1990 |
| Poslední dodávka ^[27] | 2.11.1969 | 2.8.1988 | 17.12.1999 | 25.2.2000 | 21.7.1999 |
| Délka [m] ^[5] | 28,65 | 30,53 | 33,40 | 36,40 | 31,01 |
| Rozpětí [m] ^[5] | 28,35 | 28,35 | 28,88 (31,12 s winglety) | 28,88 (31,12 s winglety) | 28,88 (31,12 s winglety) |
| Kapacita ^[5] | 103 E 118 E | 115 E 120 E 130 E 14 P + 88 E | 140 E 149 E 8 P + 120 E | 159 E 168 E 8 P + 138 E | 122 E 132 E 8 P + 100 E |
| Maximální vzletová hmotnost [kg] ^[5] | 49 895 | 58 105 | 63 276 | 68 039 | 61 689 |
| Dolet [km] ^[5] | 1852-3184 | 2778-4185 | 3519-6672 | 3241-6297 | 3333-6667 |
| Cestovní rychlost [Mach] ^[27] | 0,73 | 0,73 | 0,745 | 0,745 | 0,785 |
| Dostup [m] ^[27] | 10 668 | 11 277 | 11 277 | 11 277 | 11 277 |
| Motory ^[27] | JT8D-7 | JT8D-15 (-17) | CFM56-3 | CFM56-3 | CFM56-3 |
| Počet vyrobených kusů (duben 2013) ^[53] | 30 | 1114 | 1113 | 486 | 389 |

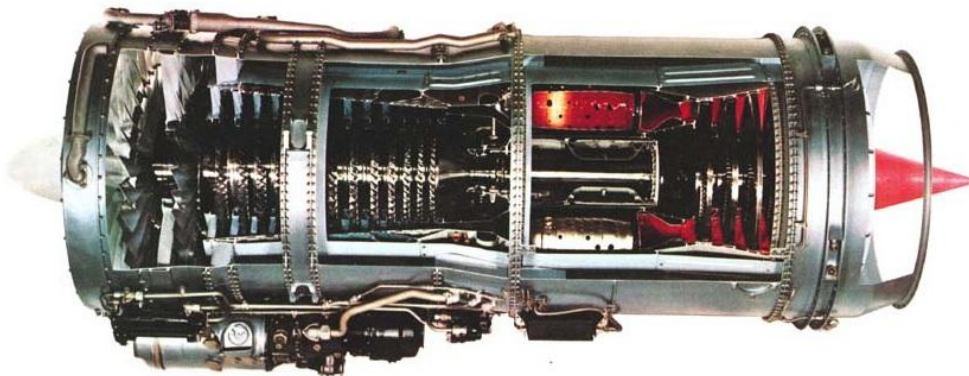
E...ekonomická třída, B...byznys třída, P...první třída

Příloha 1: Porovnávací tabulka základních typů B-737, část 2.

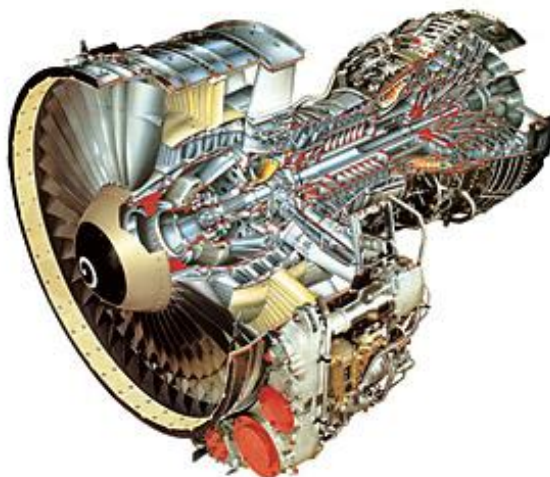
| Next Generation | | | | |
|--|--|--|--|---|
| 600 | 700 | 800 | 900 (ER) | |
| 18.9.1998 | 17.12.1997 | 22.4.1998 | 15.5.2001 | První dodávka ^[27] |
| --- | --- | --- | --- | Poslední dodávka ^[27] |
| 31,24 | 33,63 | 39,47 | 42,11 | Délka [m] ^[5] |
| 34,32 | 34,32 (35,79 s winglety) | 34,32 (35,79 s winglety) | 34,32 (35,79 s winglety) | Rozpětí [m] ^[5] |
| 123 E 130 E 70 B + 39 E 8 P + 100 E | 140 E 148 E 90 B + 36 E 8 P + 120 E | 175 E 184 E 108 B + 54 E 12 P + 148 E | 177 (204)E 189 (215)E 12 P + 165 (162)E | Kapacita ^[5] |
| 65 544 | 70 080 | 79 016 | 79 016 (85 139) | Maximální vzletová hmotnost [kg] ^[5] |
| 3519-7593 | 4074-7408 | 3704-10186 | 3704-6667 (4074-10001) | Dolet [km] ^[5] |
| 0,785 | 0,785 | 0,785 | 0,785 | Cestovní rychlost [Mach] ^[27] |
| 12 497 | 12 497 | 12 497 | 12 497 | Dostup [m] ^[27] |
| CFM56-7 | CFM56-7 | CFM56-7 | CFM56-7 | Motory ^[27] |
| 69 | 1231 (+225) | 2908 (+1320) | 224 (+363) | Počet vyrobených kusů (duben 2013) ^[53] |

E...ekonomická třída, B...byznys třída, P...první třída

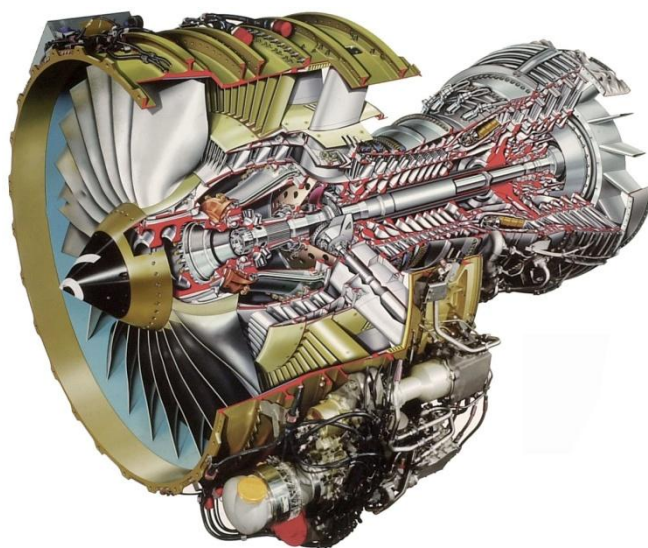
Příloha 2: Řez motoru P&W JT8D (737 Original) [80]



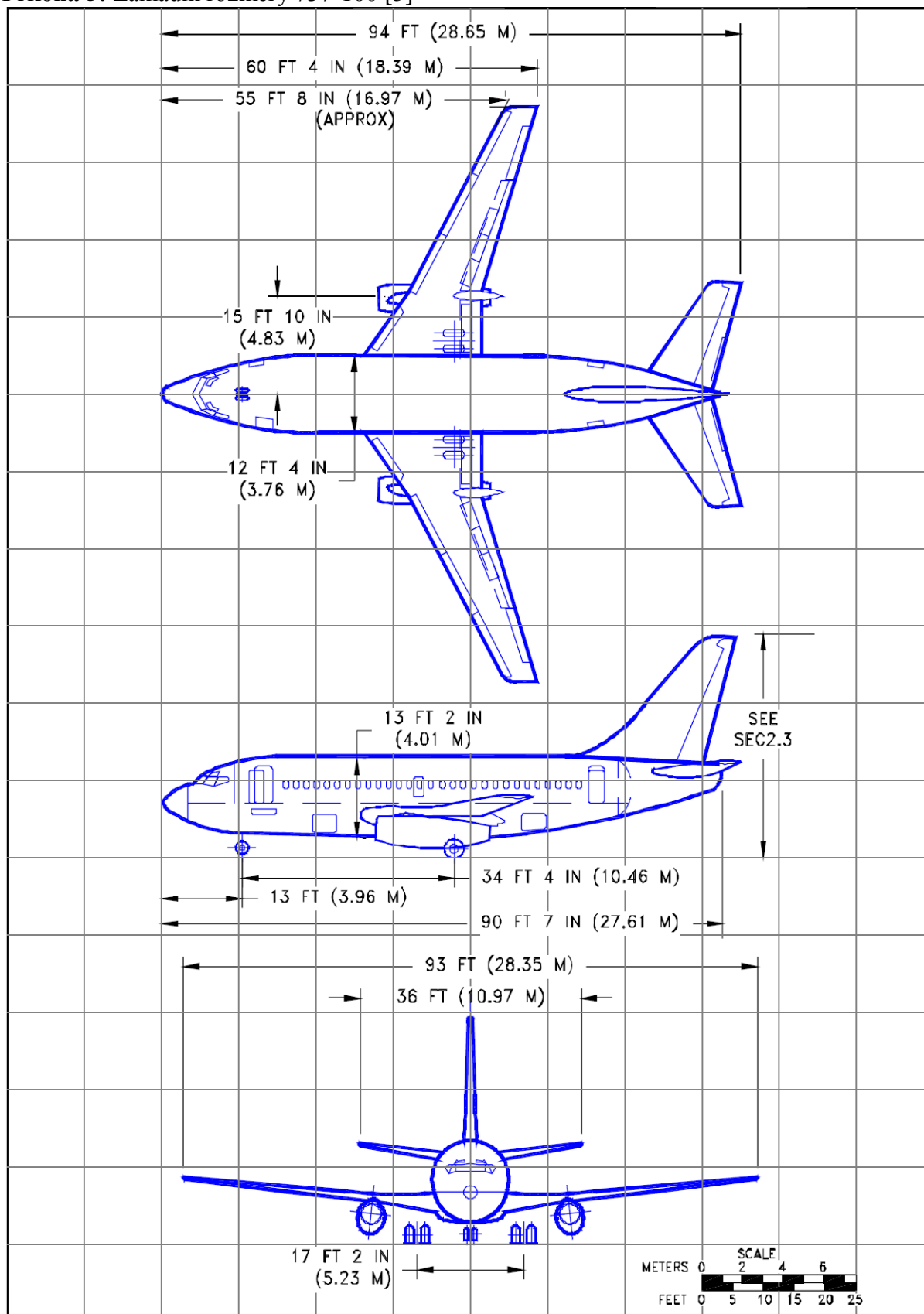
Příloha 3: Řez motoru CFM56-3 (737 Classic) [81]



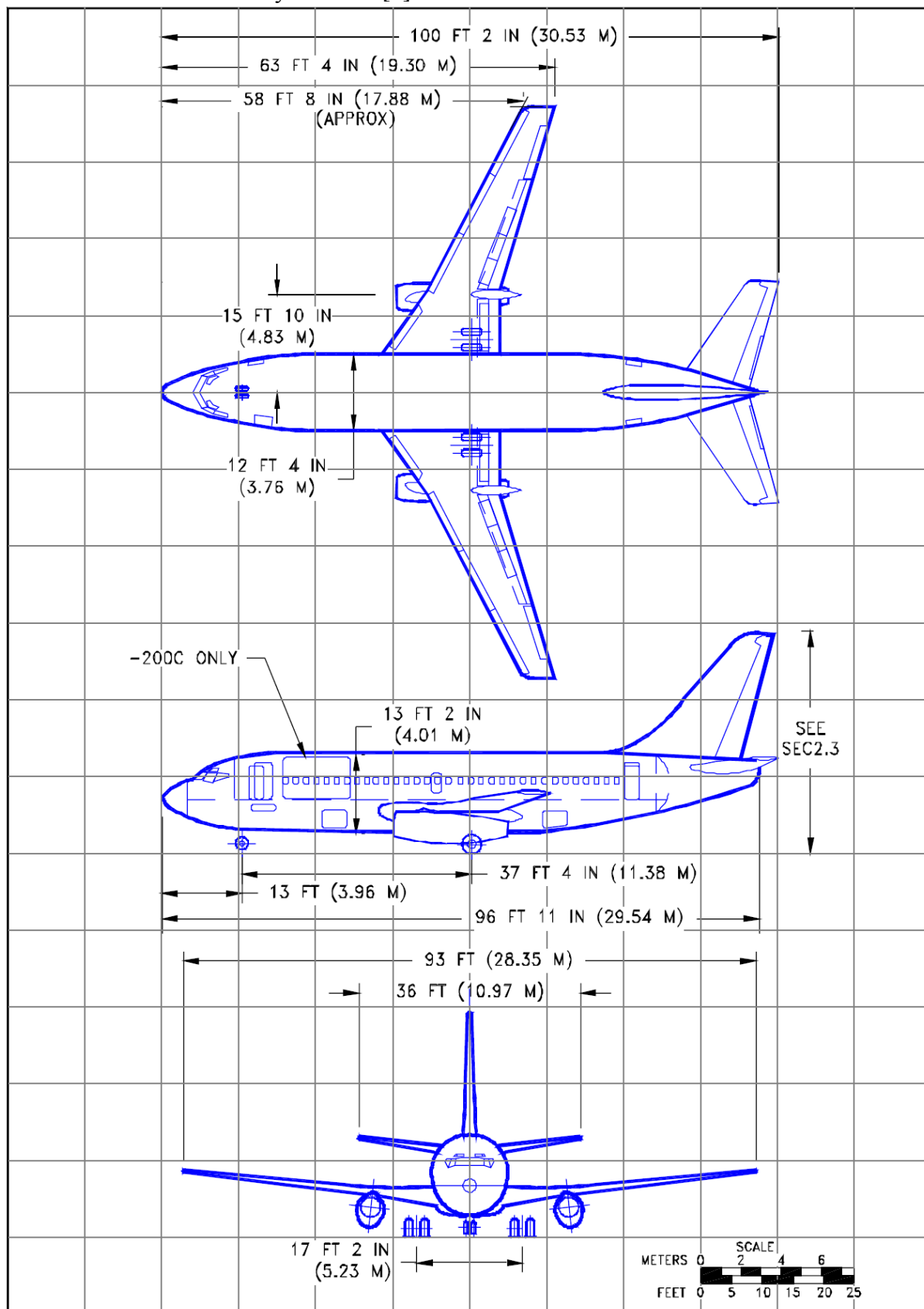
Příloha 4: Řez motoru CFM56-7 (737 NG) [82]



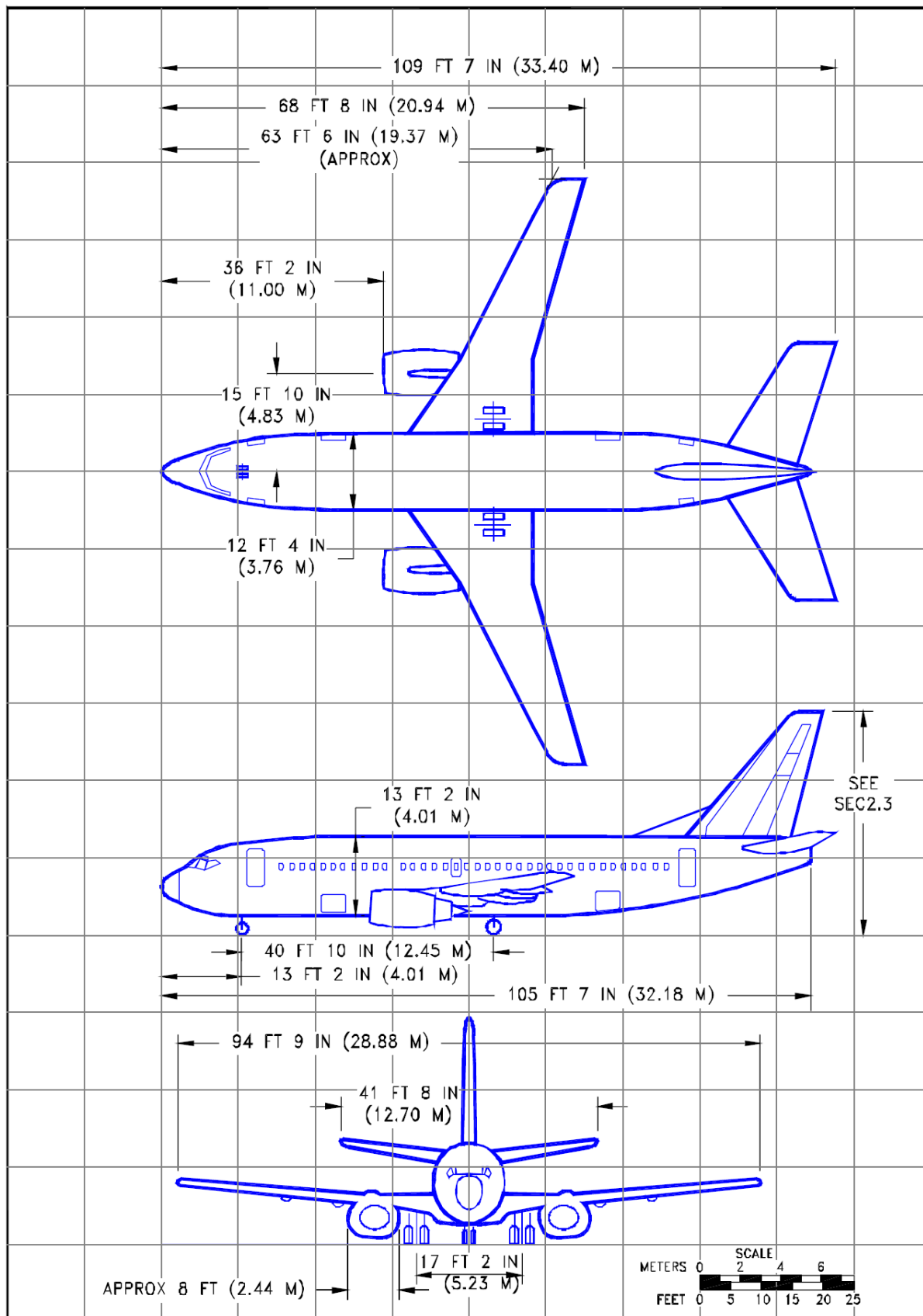
Příloha 5: Základní rozměry 737-100 [5]



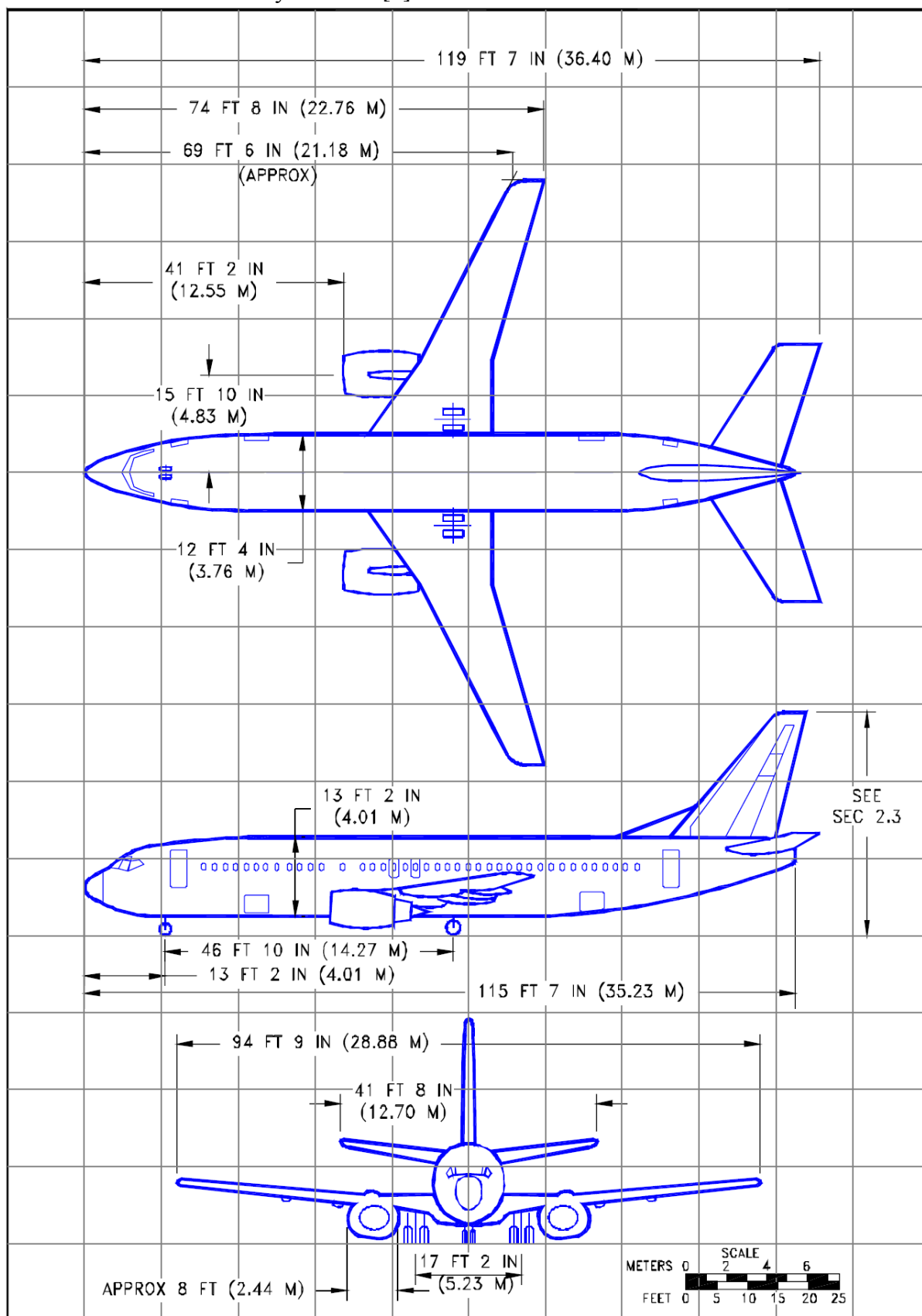
Příloha 6: Základní rozměry 737-200 [5]



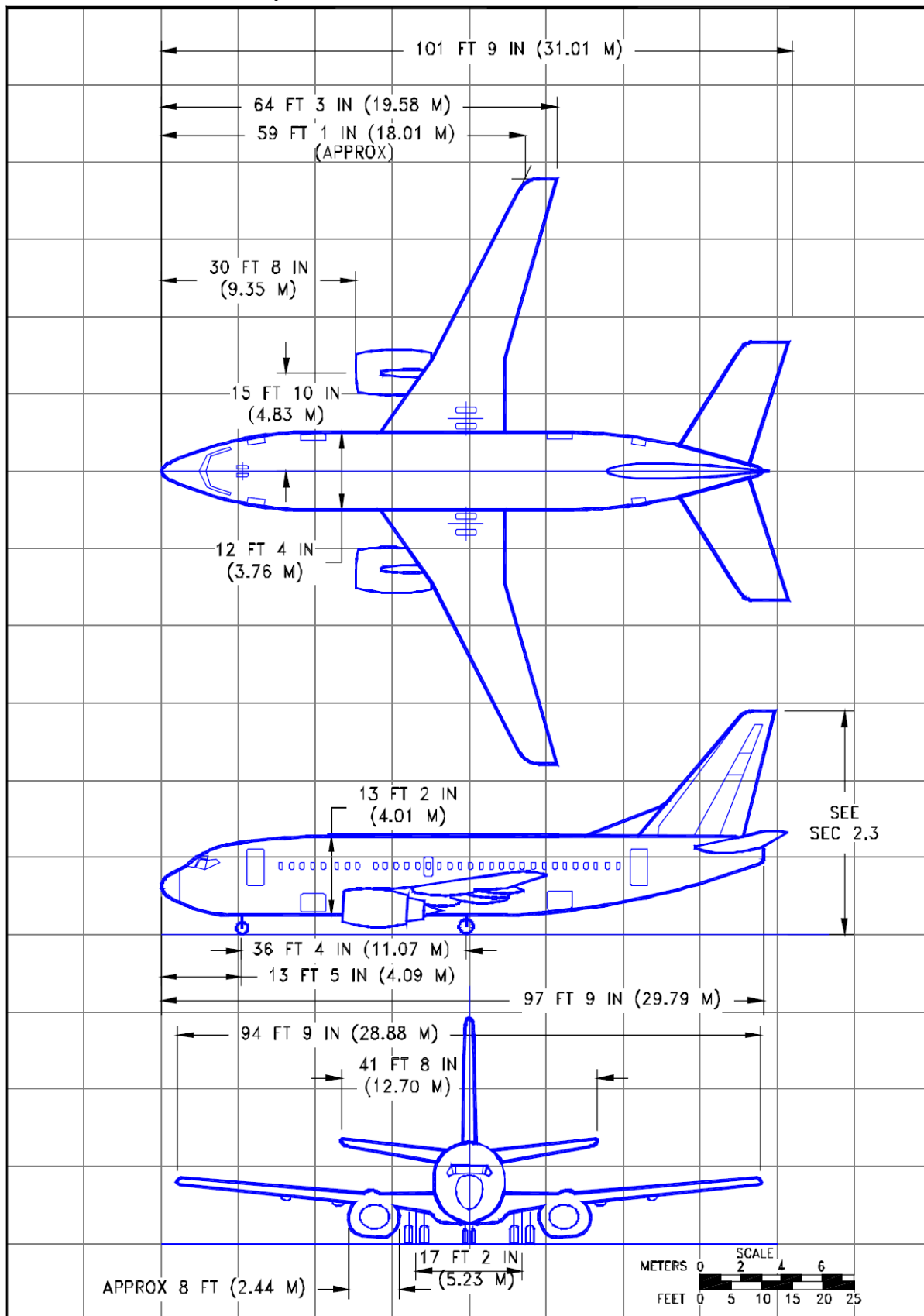
Příloha 7: Základní rozměry 737-300 [5]



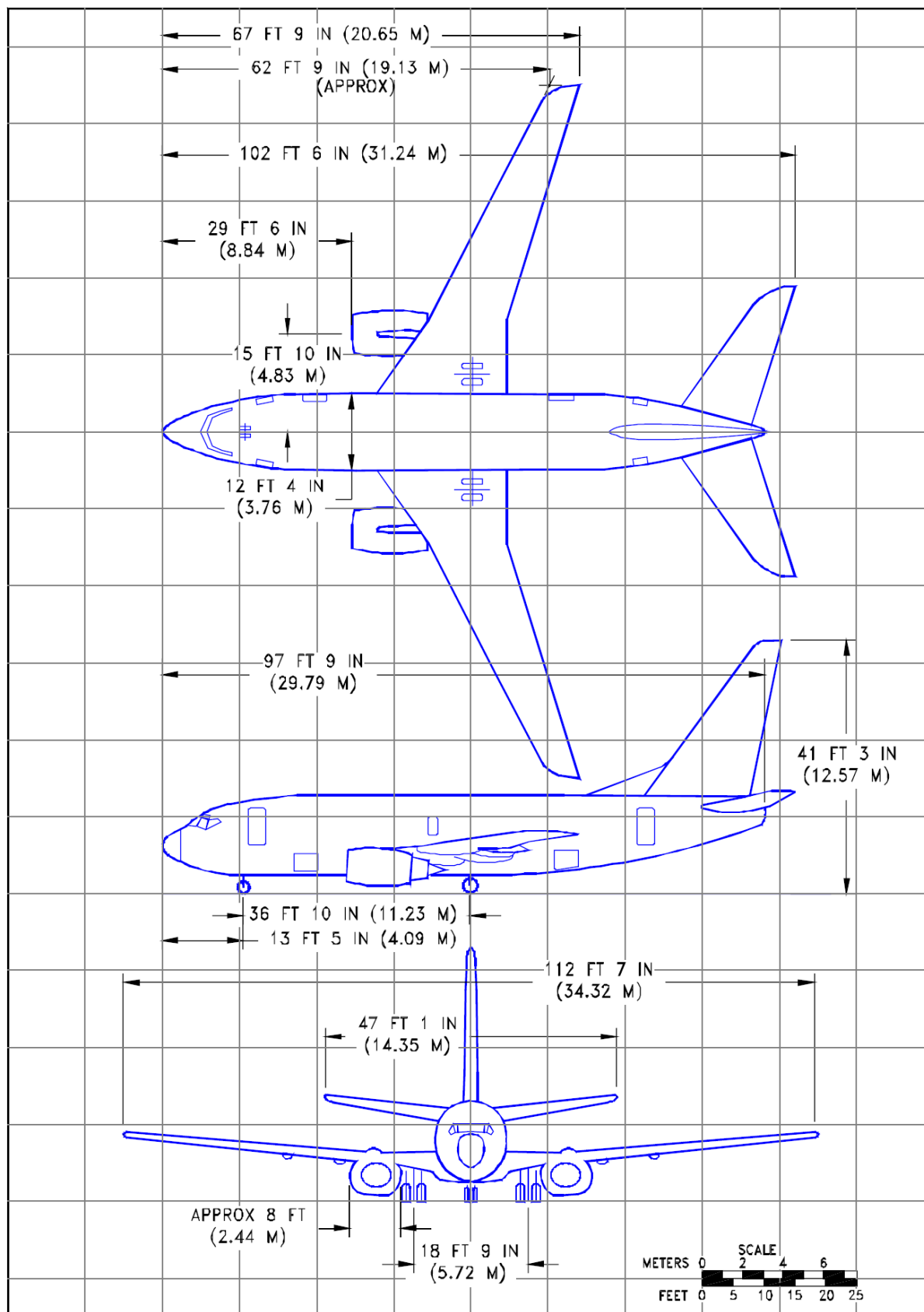
Příloha 8: Základní rozměry 737-400 [5]



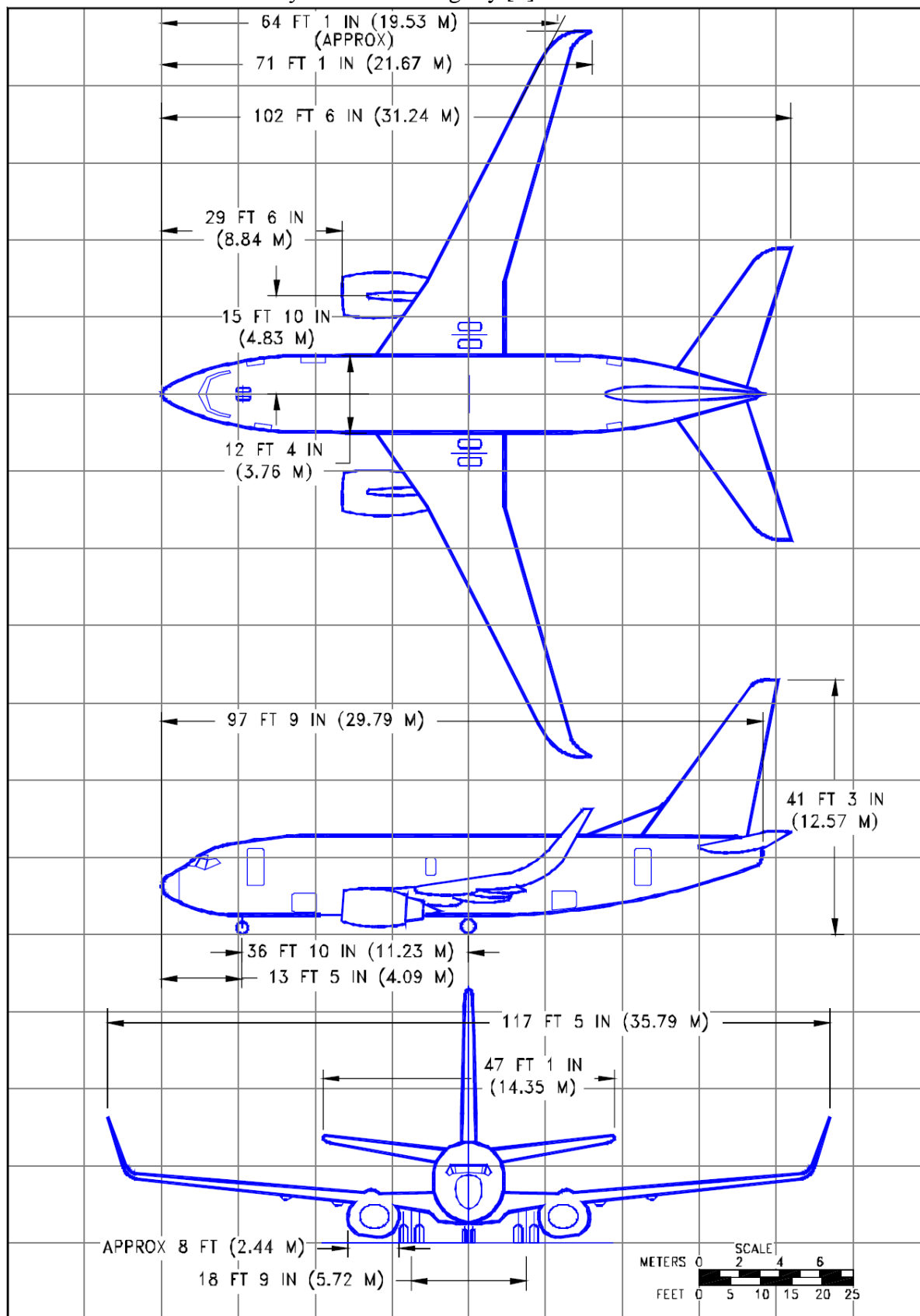
Příloha 9: Základní rozměry 737-500 [5]



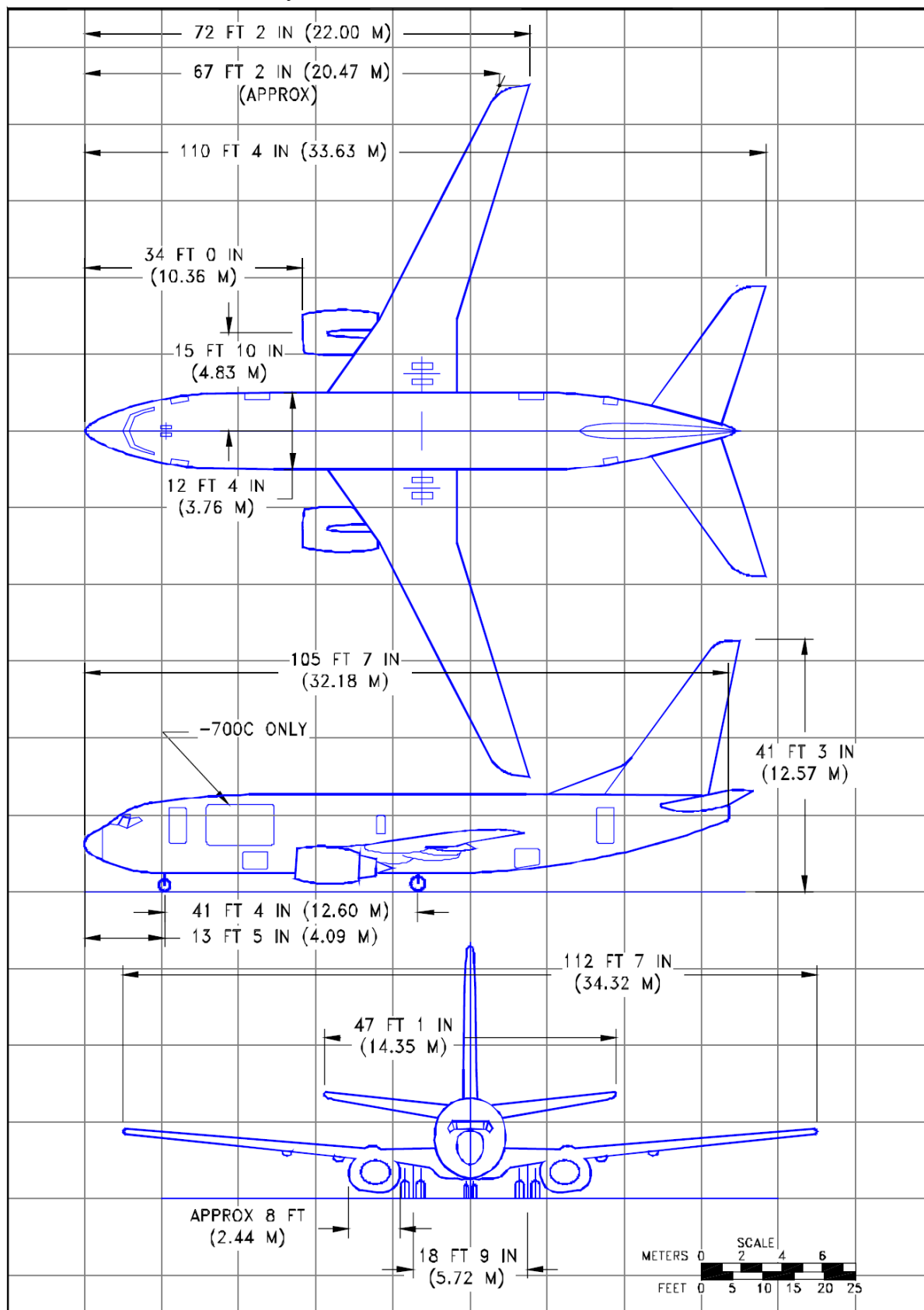
Příloha 10: Základní rozměry 737-600 [5]



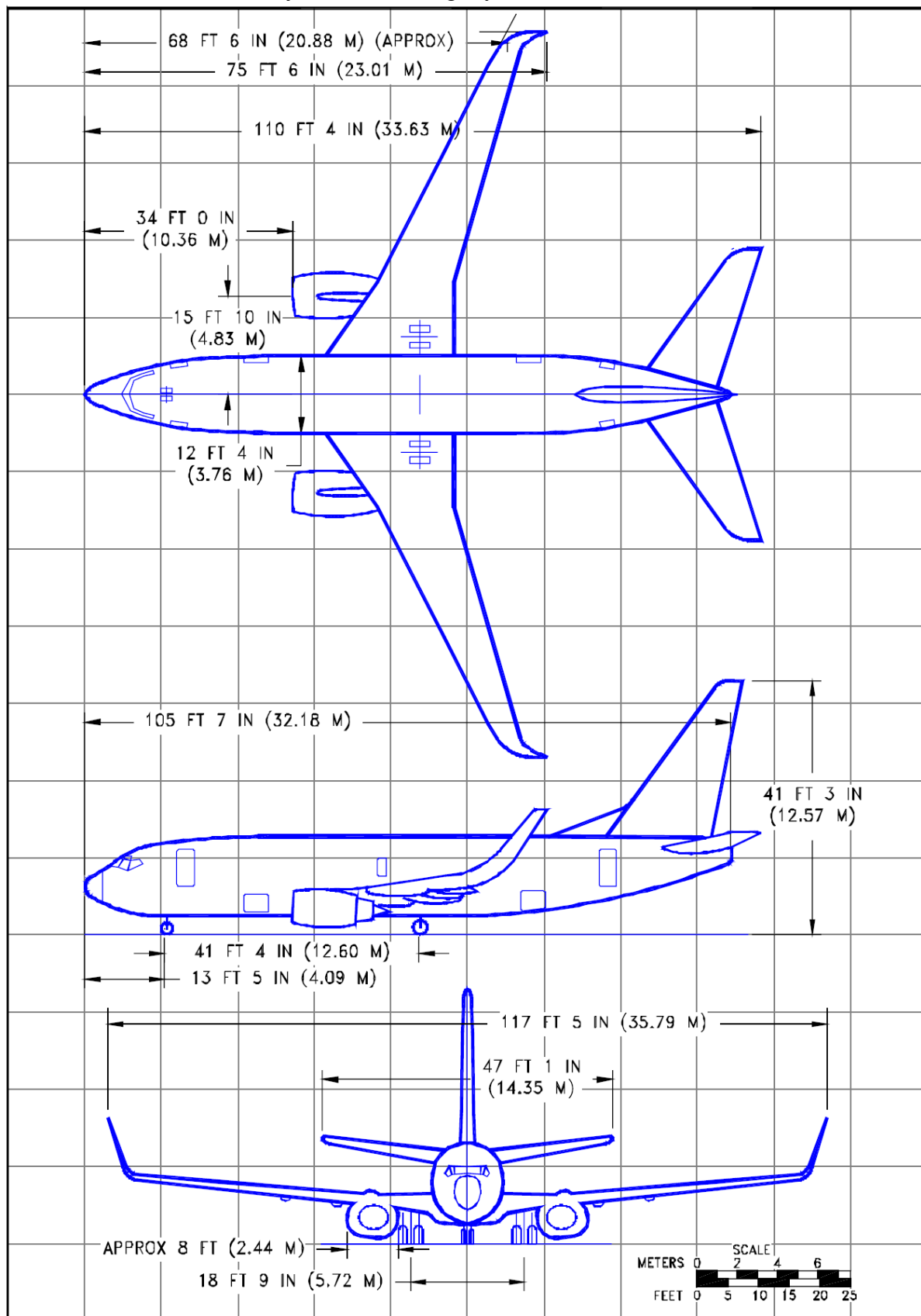
Příloha 11: Základní rozměry 737-600 s winglety [5]



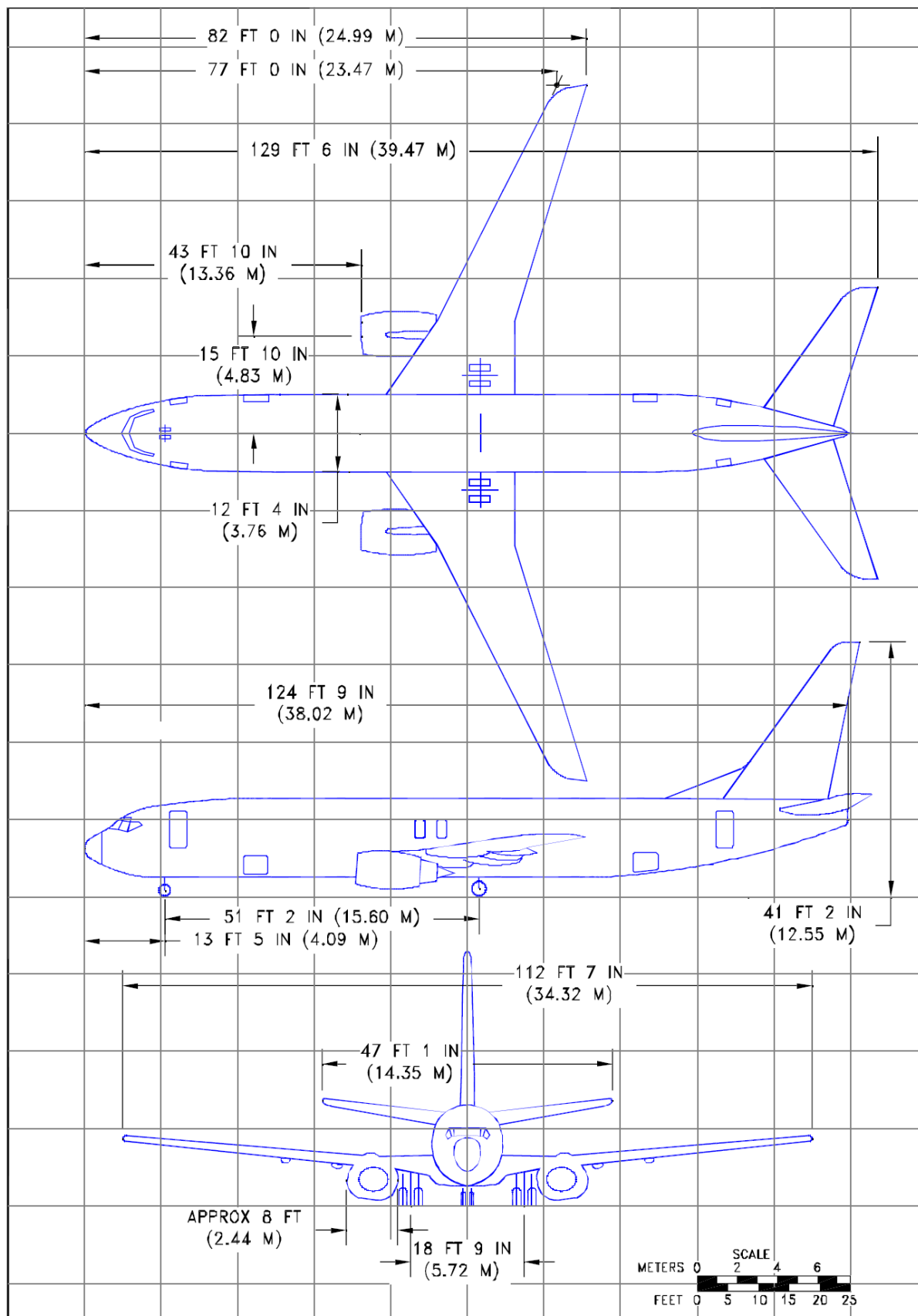
Příloha 12: Základní rozměry 737-700 [5]



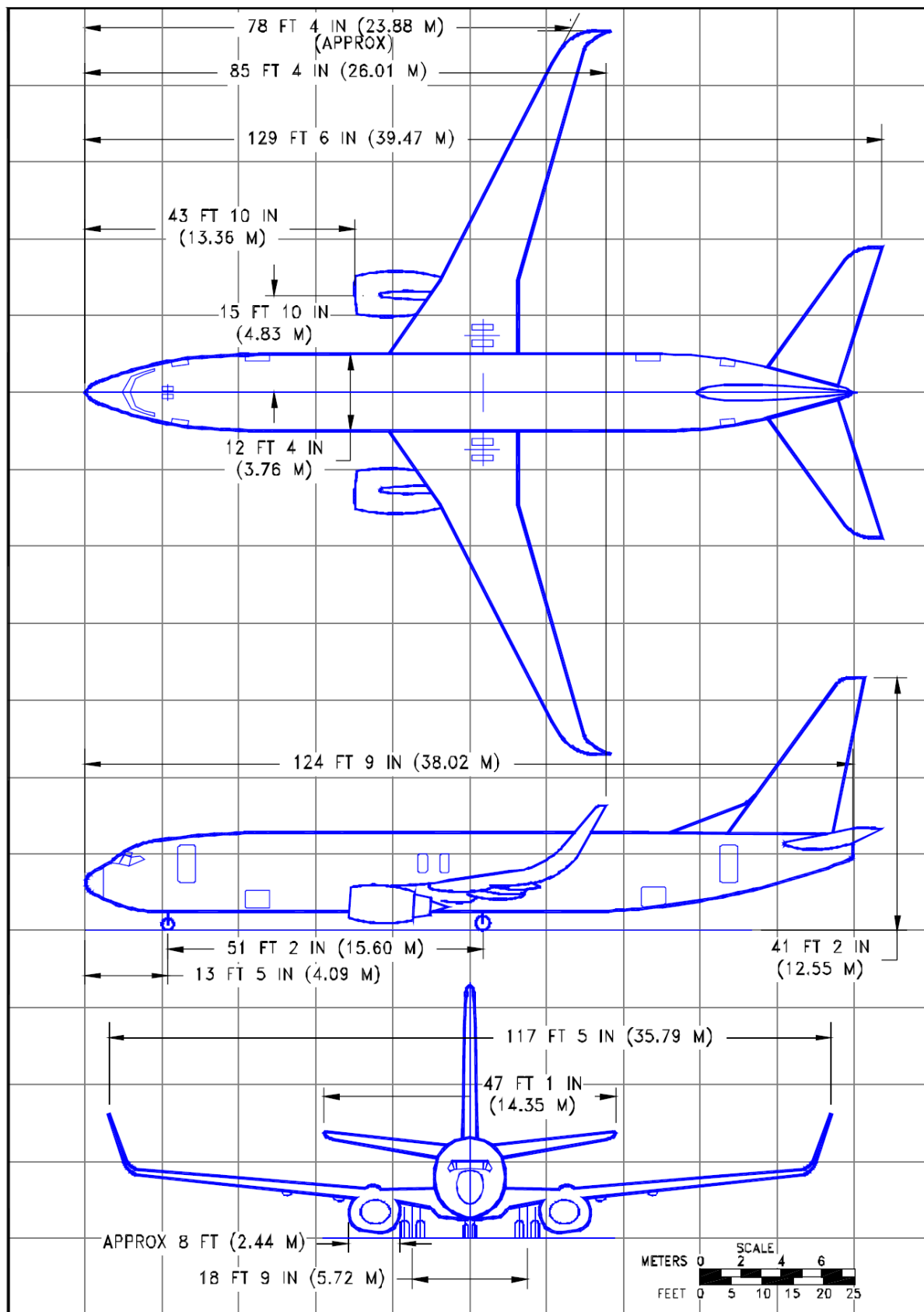
Příloha 13: Základní rozměry 737-700 s winglety [5]



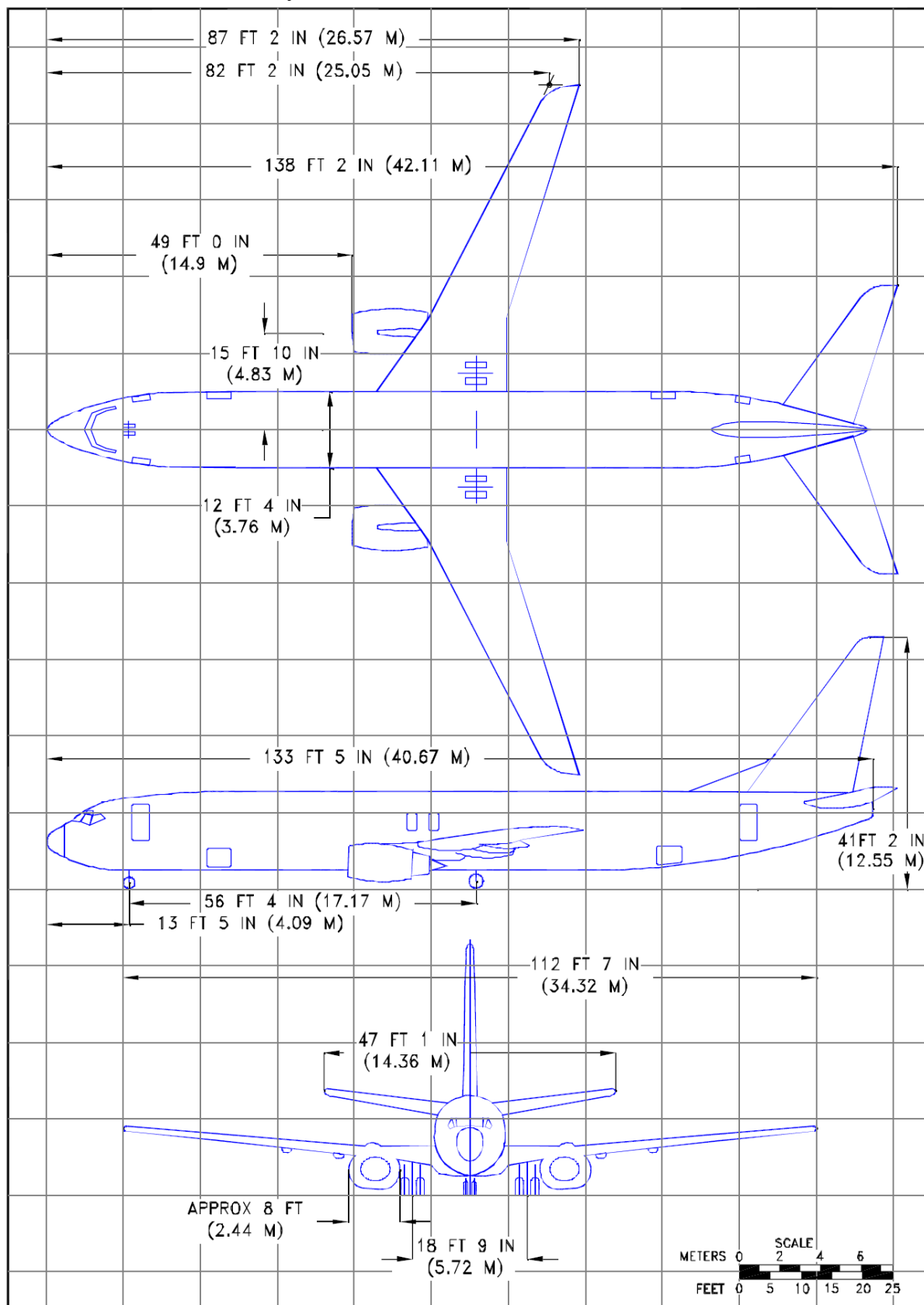
Příloha 14: Základní rozměry 737-800 [5]



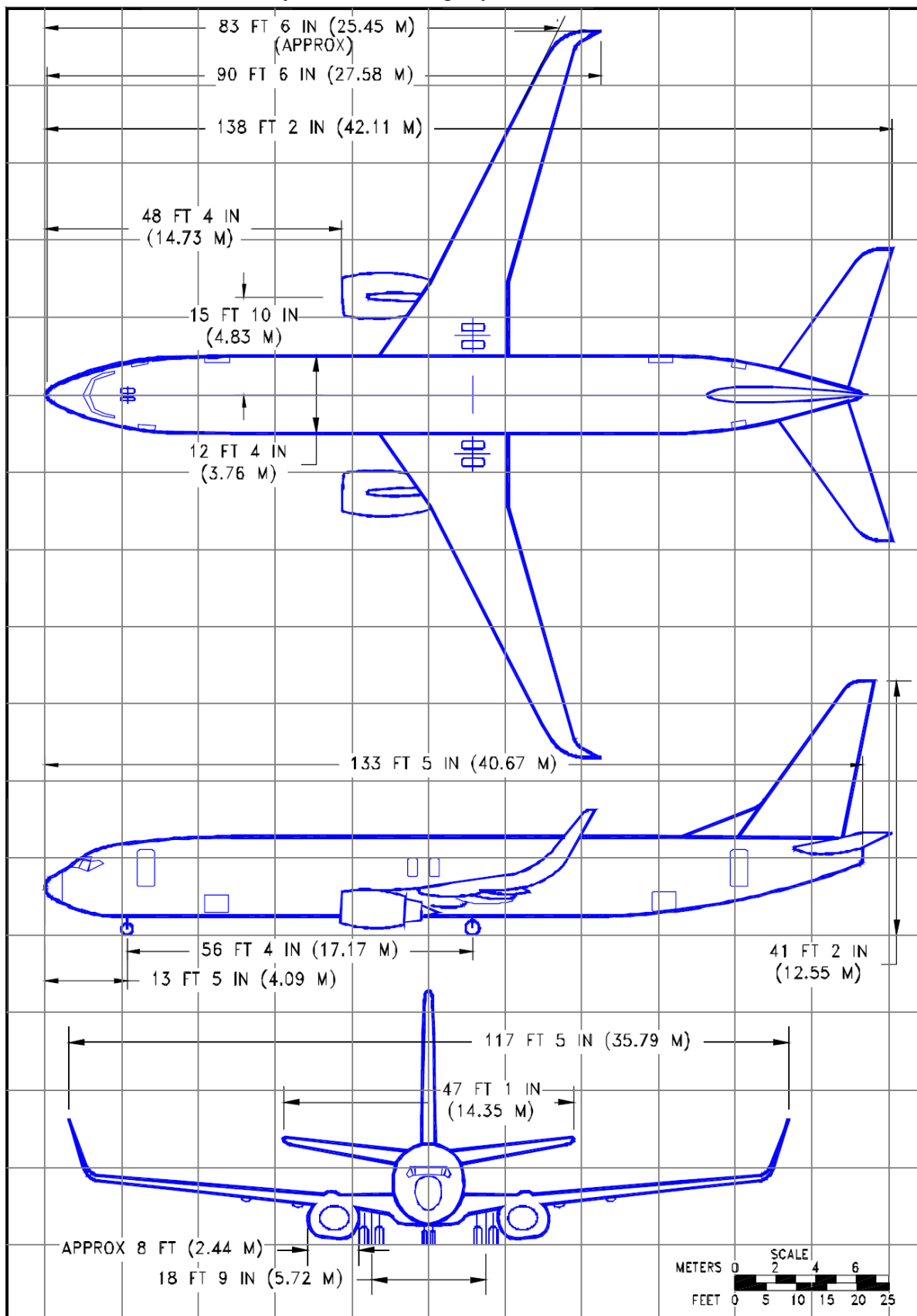
Příloha 15: Základní rozměry 737-800 s winglety [5]



Příloha 16: Základní rozměry 737-900 [5]



Příloha 17: Základní rozměry 737-900 s winglety [5]



Příloha 18: Typické rozmístění techniky pro odbavení u 737-NG [5]

